

# Algunas ideas clave respecto al comportamiento energético de cuatro viviendas en la ciudad histórica de Santiago de Compostela



**Conclusiones de la colaboración entre el Consorcio de Santiago y la AA School de Londres.** Patricia Liñares Méndez. Doctora Arquitecta



[ Mejora de la habitabilidad en los cascos históricos  
e incremento de su capacidad de alojamiento  
como garantía de su preservación ]

## CONFORT Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS RESIDENCIALES HISTÓRICOS

[ Es posible alcanzar **estándares contemporáneos** de confort y eficiencia energética en viviendas históricas sin comprometer su **valor patrimonial**, y así aumentando su **adaptabilidad** a la sociedad contemporánea. ]



**Comportamiento energético  
de cuatro viviendas en Santiago**  
Patricia Liñares Méndez

## Contenidos

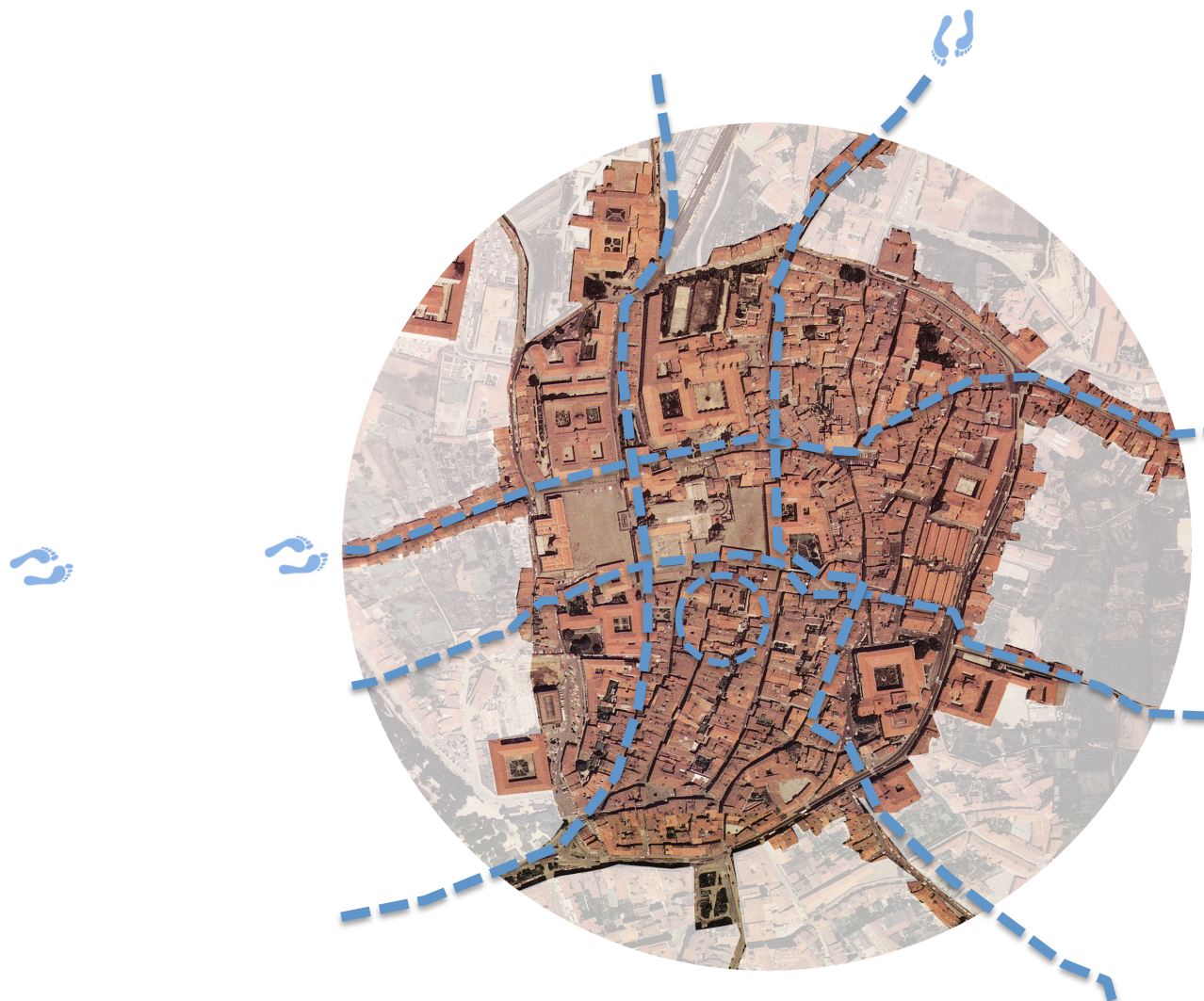
- 1 La ciudad histórica**
- 2 Cuestionarios**
- 3 Cuatro casos de estudio**



**Comportamiento energético  
de cuatro viviendas en Santiago**  
Patricia Liñares Méndez

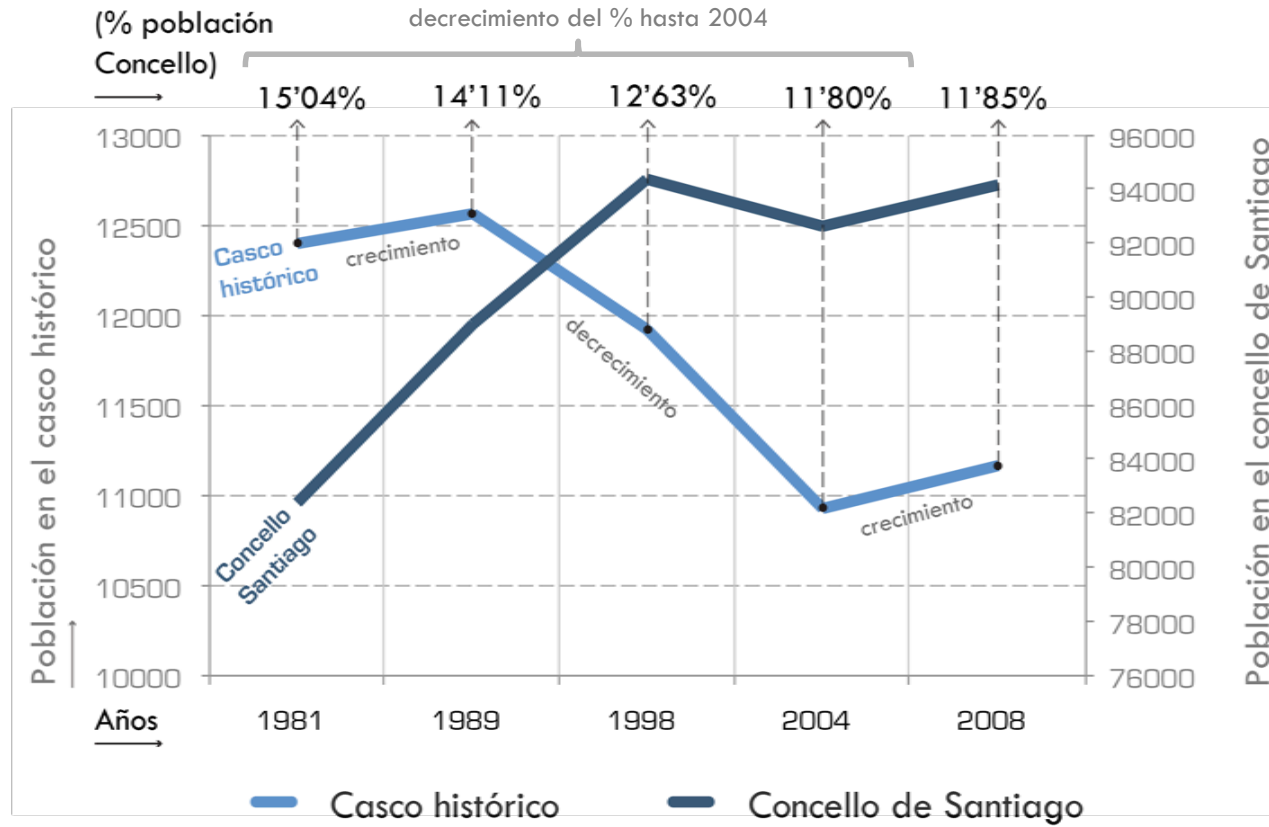
# 1 La ciudad histórica

## ( El casco histórico de Santiago de Compostela )



- calles norte-sur
- viviendas este-oeste
- estructura urbana
- caminos de peregrinaje
- largos bloques norte-sur
- viviendas orientadas este-oeste
- estrecho cañón urbano
- proceso histórico de densificación
- centro histórico
- estándares de confort
- dimensiones de las viviendas
- migración de la población
- degradación social

( Despoblamiento del casco histórico )

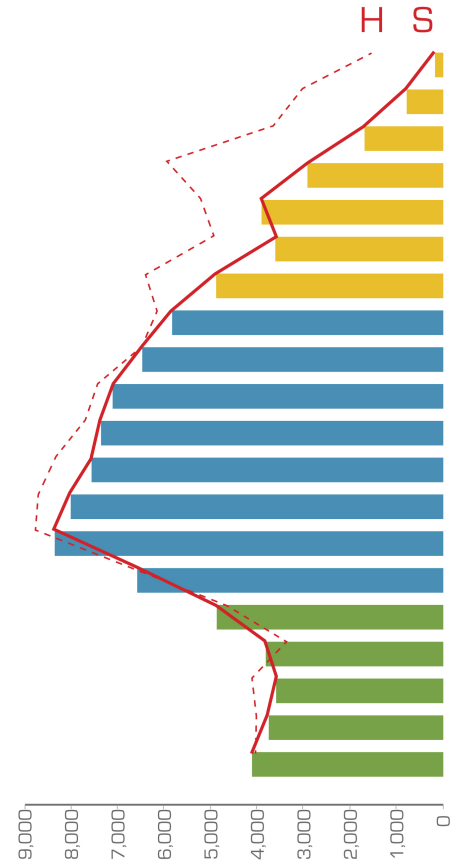


Rehabilitación sostenible  
Viviendas en Compostela

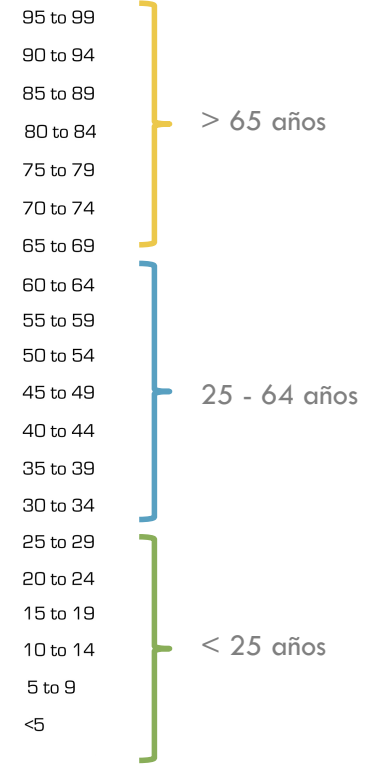
( Población envejecida )



Casco histórico



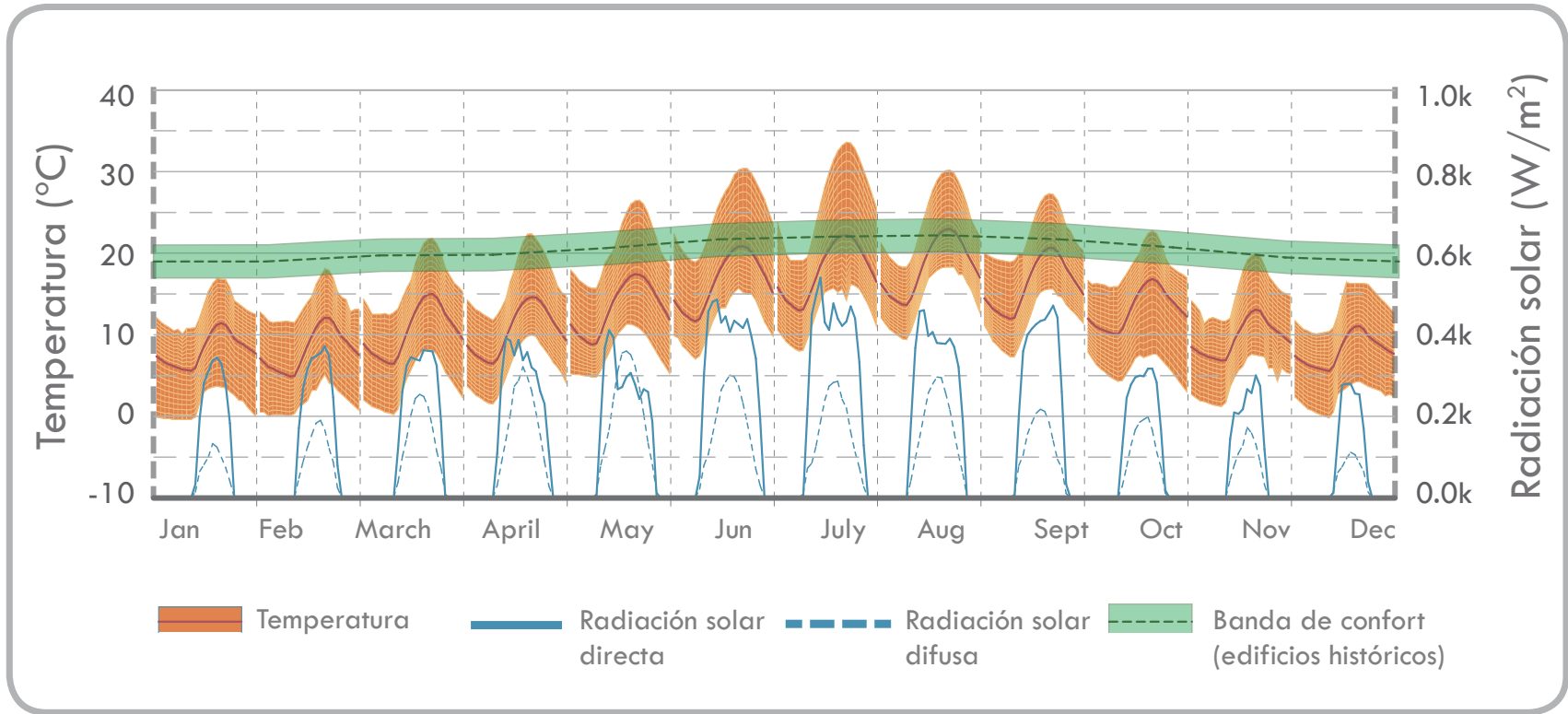
Ayuntamiento de Santiago



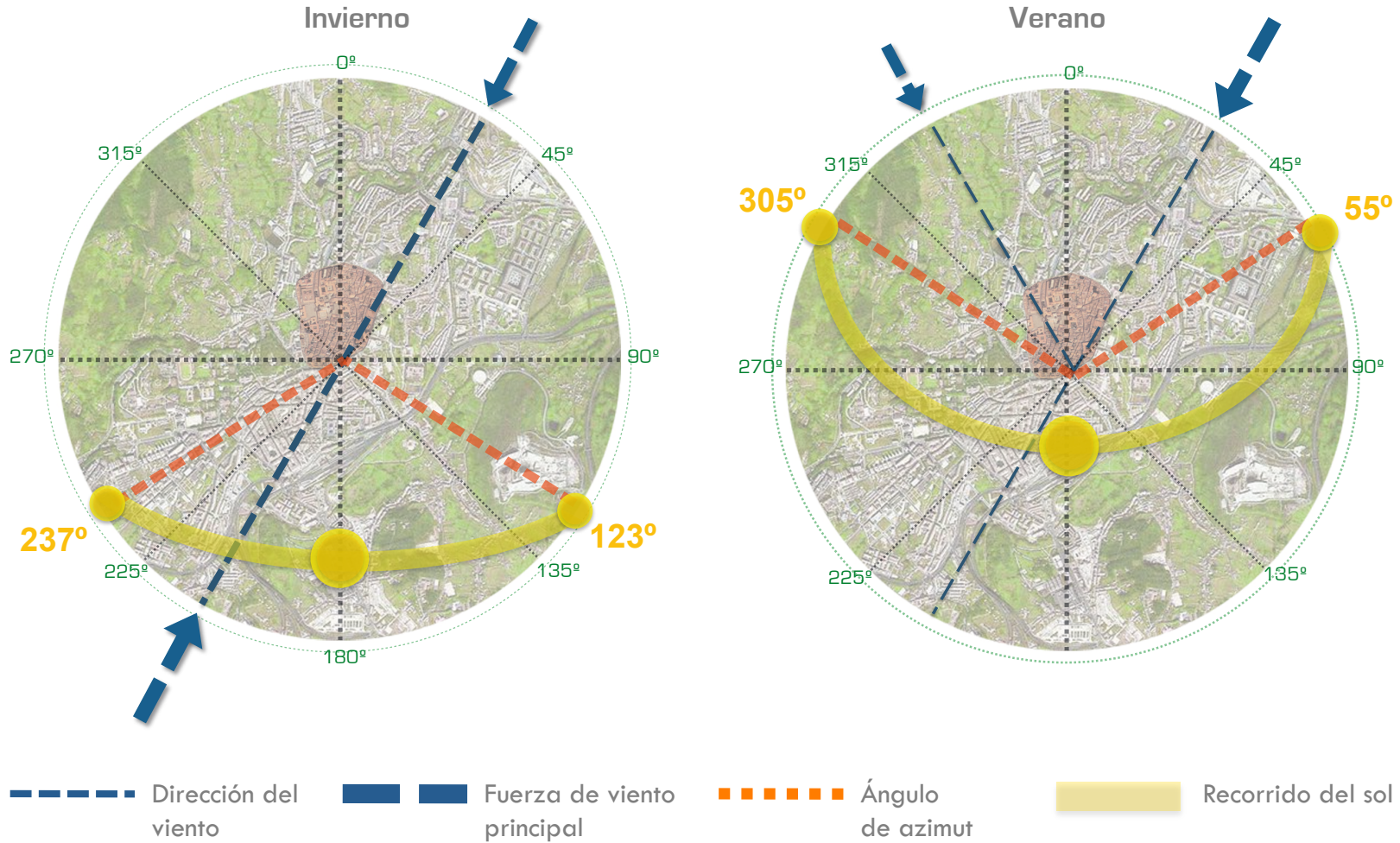


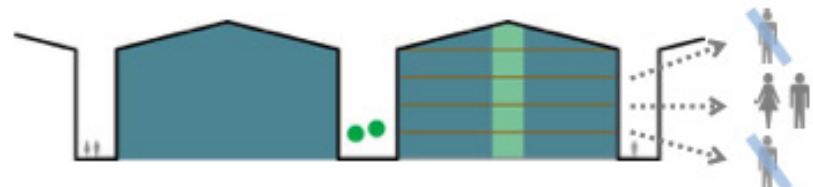
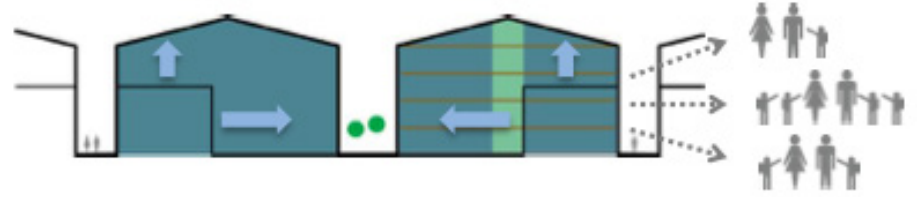
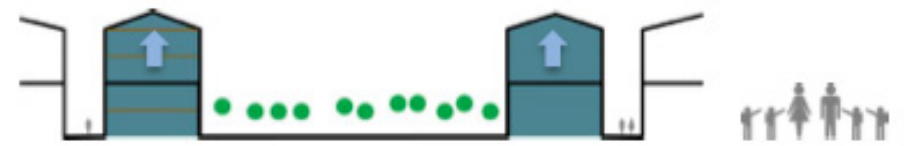
( Estudio del clima )

Medias diurnas mensuales (Estación de Labacolla, Santiago)

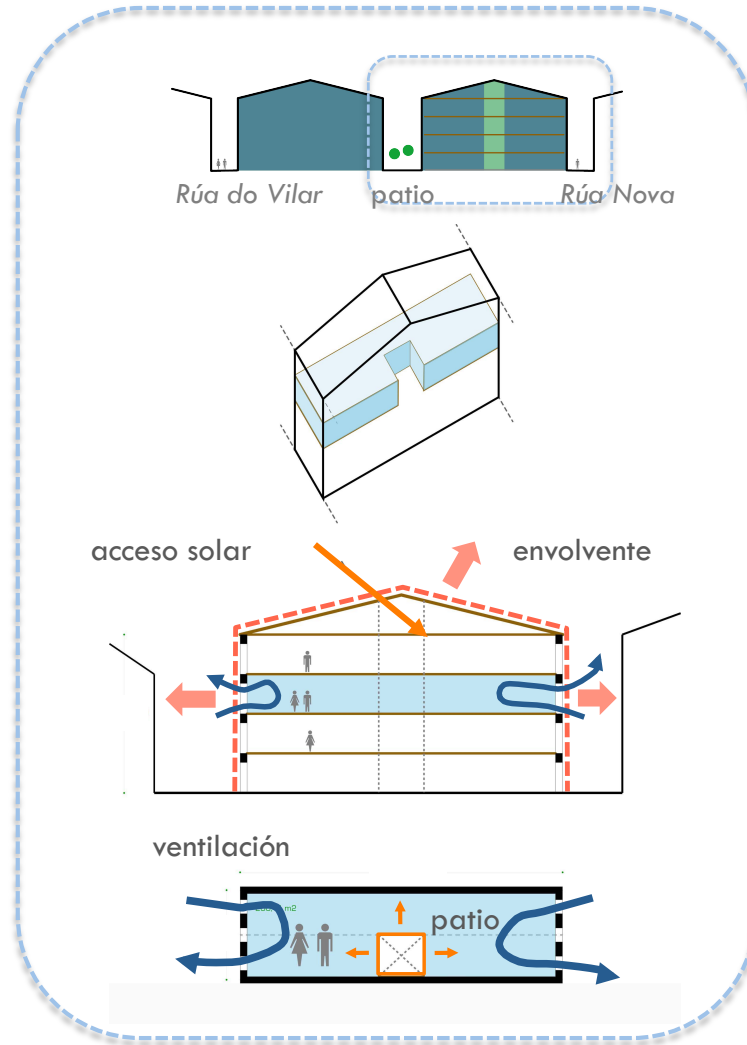


( Estudio del clima )





[ Bajo confort + alto consumo ]



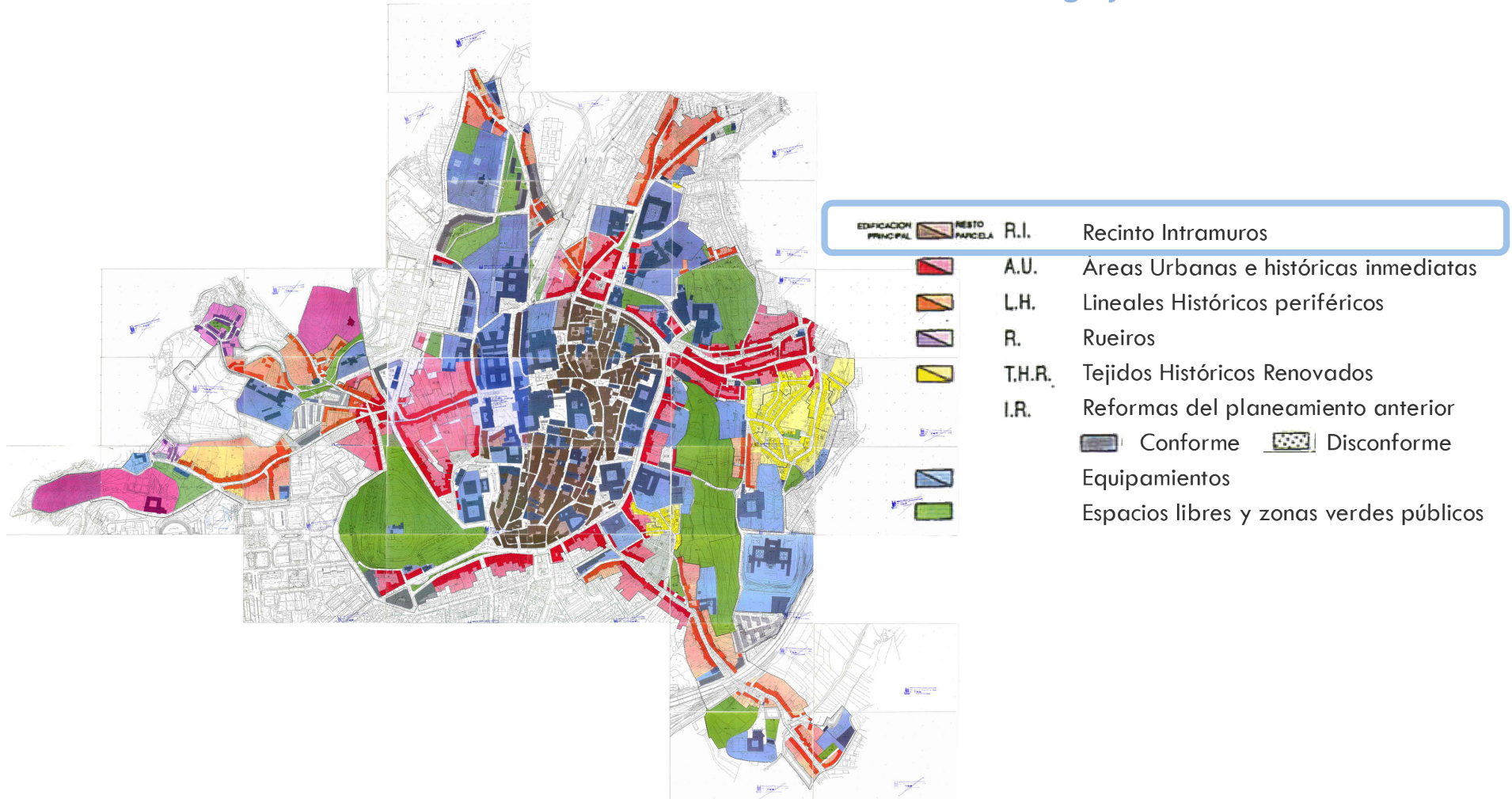
- condiciones actuales

- alta densidad volumétrica
- baja densidad de ocupación

- potencial para mejora

- envolvente edificatoria
- patio interior

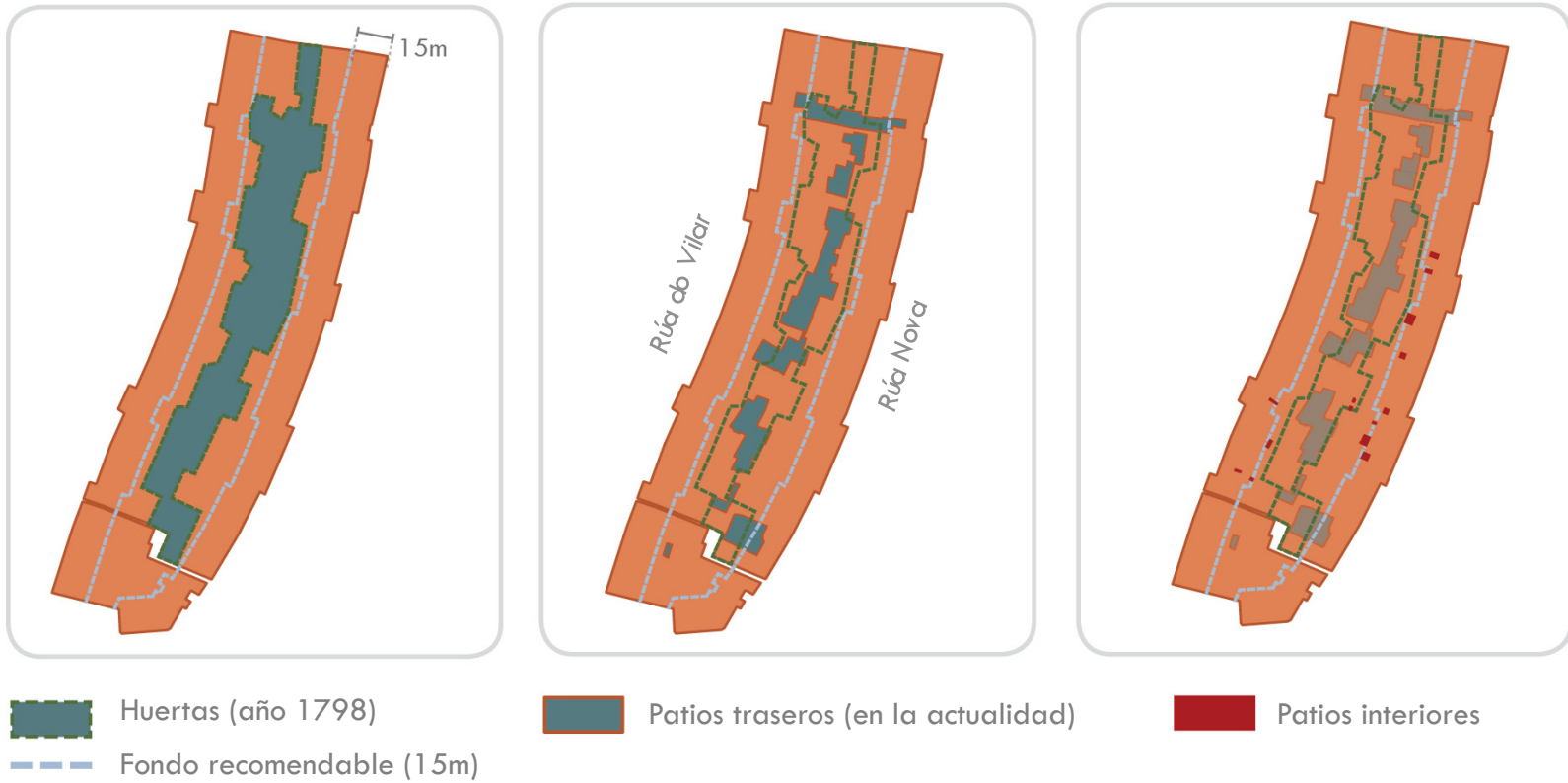
( Plan Especial de protección e  
rehabilitación da cidade histórica de Santiago )



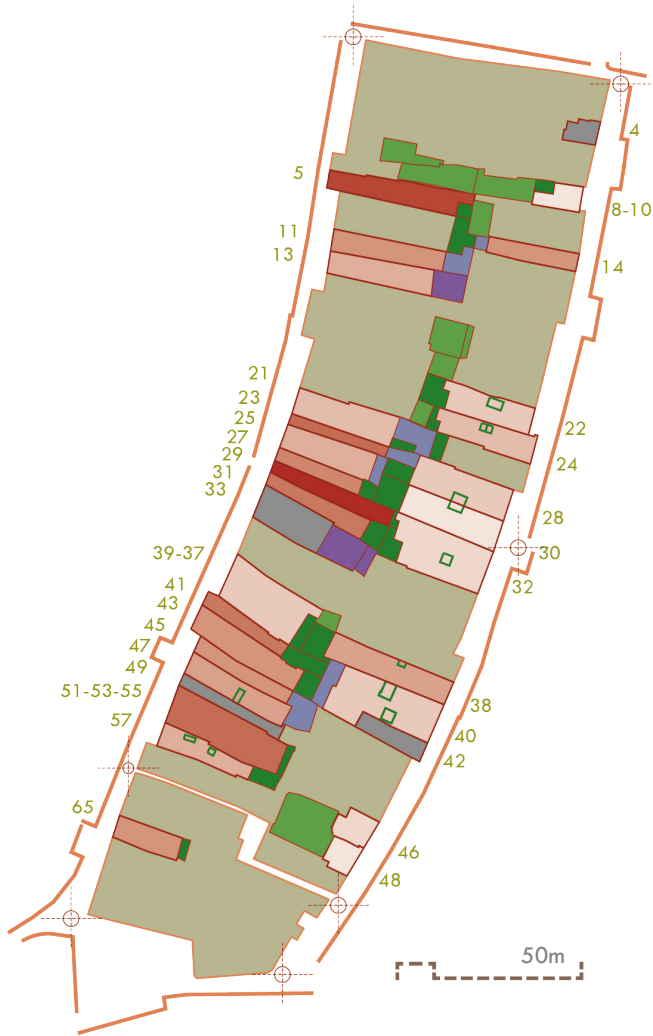
Rehabilitación sostenible  
Viviendas en Compostela



[ Colonización de las antiguas huertas ]



[ “Ratio de sostenibilidad” ]



- Patio trasero libre
- Patio trasero ocupado (PB)
- Patio trasero ocupado (PB + P1)
- Edificio con una sólo fachada
- Patio interior
- Patio trasero no objeto de estudio

Ratio de sostenibilidad (R)

$$R = r_s + r_b + r_h$$

donde  $r_s = \text{Ratio de la calle} = (r_s) = h_s / w_s$

$r_b = \text{Ratio del edificio} = (r_b) = D / W$

$r_h = \text{Ratio de la huerta} = (r_h) = h_b / w_b$

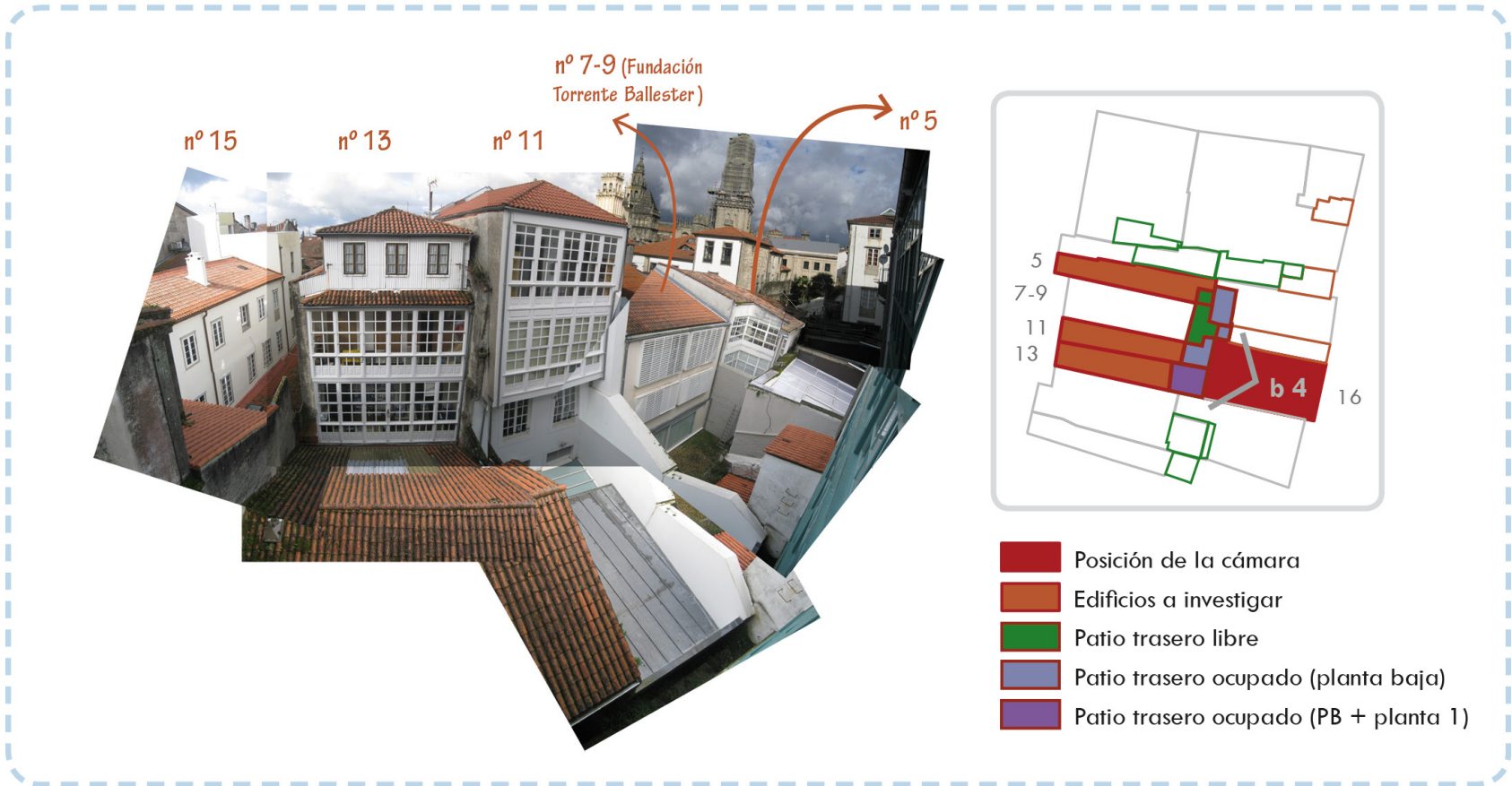
*Rúa do Vilar*

Ratio de sostenibilidad (valores)

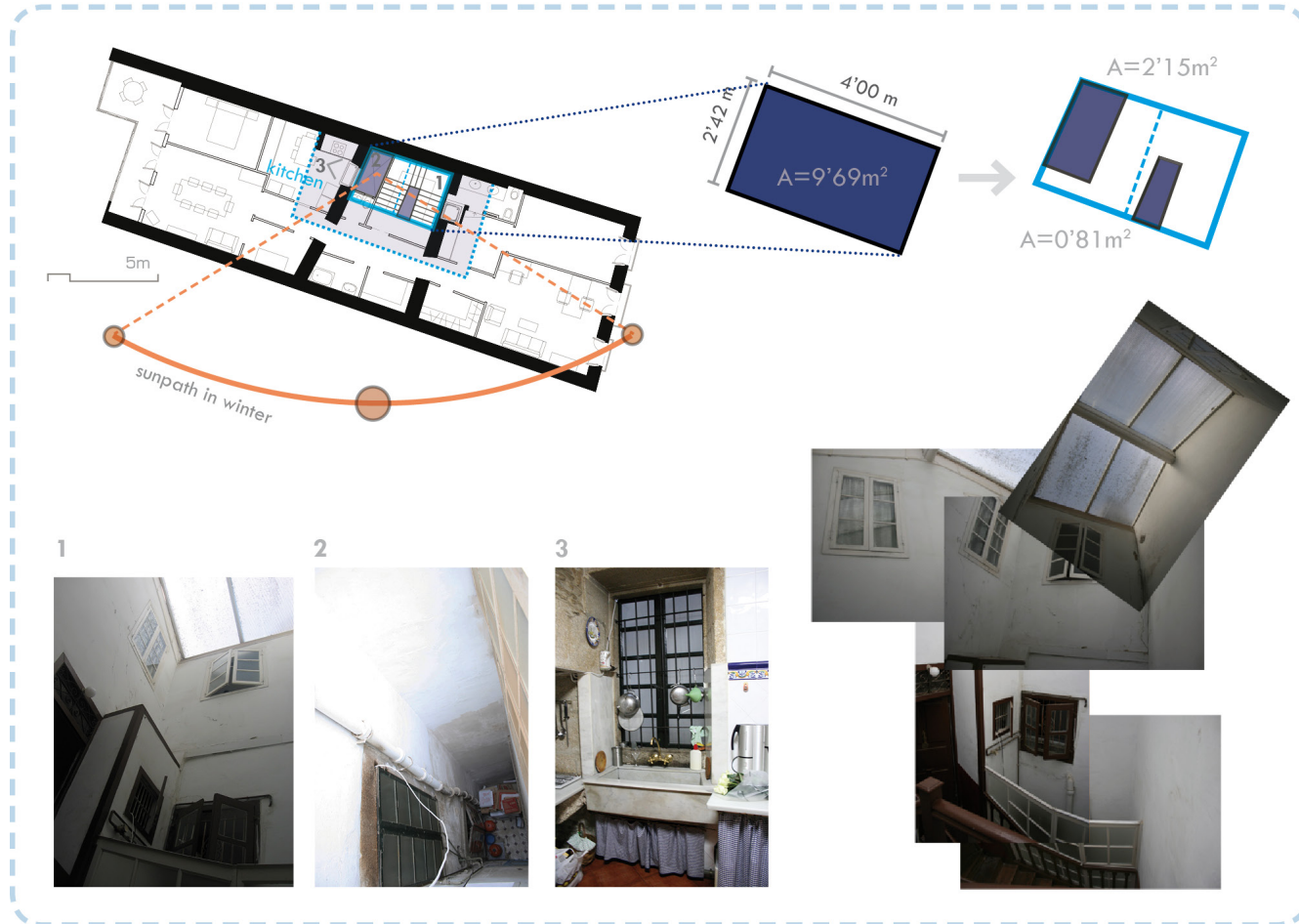




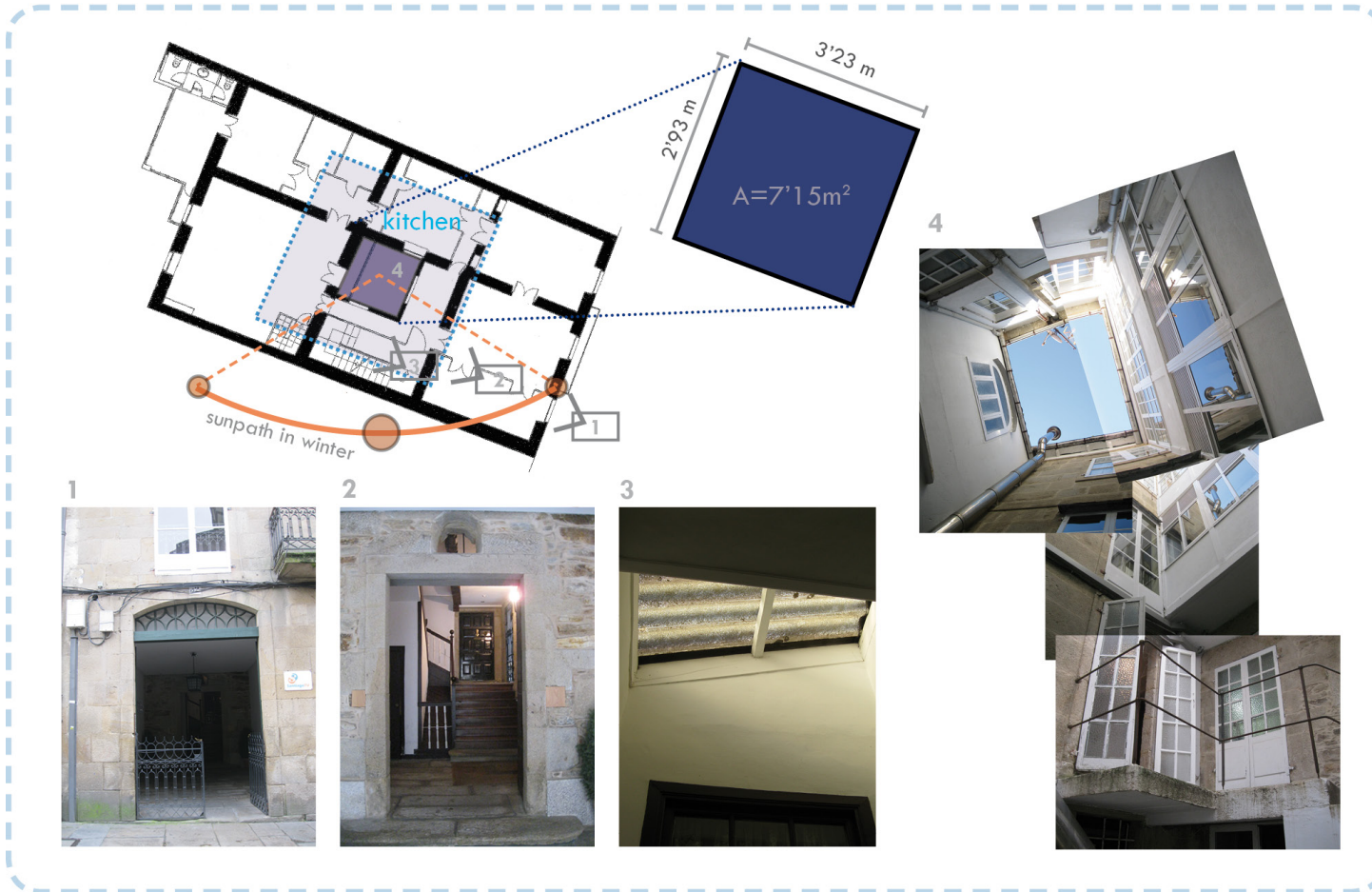
( Los patios traseros )



( Los patios interiores )



( Los patios interiores )





**Comportamiento energético  
de cuatro viviendas en Santiago**  
Patricia Liñares Méndez

# 2 Cuestionarios de ocupación

Rehabilitación sostenible  
Viviendas en Compostela

( Población censada en *Rúa do Vilar* )



Vivienda nº5

Viviendas nº11 y nº13

Vivienda nº23

Viviendas nº29 y nº31

Viviendas nº45 a nº57



## Cuestionario

Rúa+nº:      Piso:      Nome+contacto:

### Luz

1- ¿Considera que a súa vivenda ten boa iluminación natural?

Moito (10-9) – Algo (8-7) – Regular (6-5) – Non moito (4-3) – Nada (2-1)

2- ¿Cántas estancias ten a súa casa?

3- ¿Cántas teñen luz natural?

4- De estas, ¿cántas usa sen luz eléctrica durante o día en inverno?

### Ventilación

1- ¿Considera que a súa vivenda ventila ben?

Moito (10-9) – Algo (8-7) – Regular (6-5) – Non moito (4-3) – Nada (2-1)

2- ¿Cánto tempo ventila ó día? Nº de veces e tempo de cada vez

(inverno)

(primavera)

(verano)

(outono)

3- ¿Considera que a súa vivenda é húmida?

Moito (10-9) – Algo (8-7) – Regular (6-5) – Non moito (4-3) – Nada (2-1)

### Temperatura e calefacción

1- ¿Considera que a súa vivenda está a boa temperatura?

Moito (10-9) – Algo (8-7) – Regular (6-5) – Non moito (4-3) – Nada (2-1)

2- ¿Cál é a temperatura na que se sente cómodo?

3- ¿Qué meses do ano usa a calefacción?

4- ¿Qué tipo de calefacción ten?

5- ¿Cál é o consumo medio en calefacción ó mes ou ó ano?

### Espacio e valoración da vivenda

1- ¿Gústalle a súa casa? ¿Qué é o mellor?                      ¿Qué é o peor?

Moito (10-9) – Algo (8-7) – Regular (6-5) – Non moito (4-3) – Nada (2-1)

2- ¿Considera que a súa vivenda é funcional?

Moito (10-9) – Algo (8-7) – Regular (6-5) – Non moito (4-3) – Nada (2-1)

3- ¿Considera que o tamaño da súa vivenda responde as súas necesidades? Sí - Non

Moi grande - Grande – Está ben – Pequena – Moi pequena

4- ¿Considera a antigüedade da súa casa algo positivo ou negativo?

5- ¿Cál é a súa estancia preferida? En qué posición está? Fachadas/centro

## Espacios libres

- 1- ¿Ten patio interior?            ¿Está cuberto?            ¿Está ventilado?
- 2- ¿Parécelle útil?            ¿Úsao para iluminar/ventilar/tender?
- 3- ¿Ten patio trasero?
- 4- ¿Parécelle útil?            ¿Qué uso lle da?            ¿Está cuberto?            ¿Ten galpón?

## Ocupación

- 1- ¿Cántos habitantes permanentes ten a vivenda?
- 2- ¿Podería facer una breve descripción dos habitantes da vivenda?

	IDADE	XÉNERO	PROFESIÓN	TEMPO RESIDENCIA (a)	TEMPO NA CASA (h/día)
Habitante 1		M/F			
Habitante 2		M/F			
Habitante 3		M/F			
Habitante 4		M/F			
Habitante 5		M/F			

- 3- ¿Trátase dunha vivenda en aluguer ou en propiedade?
- 4- ¿A propiedade foi feita por compra ou por herencia?

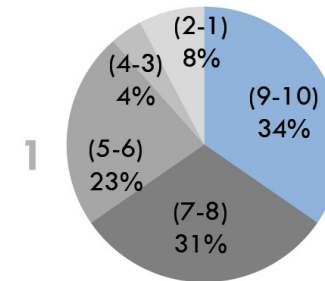
## Outras observacións

- Obras de rehabilitación
- Ocupación do ático
- Plantas de uso residencial

Luz natural

1-¿Opina que su vivienda tiene un buen nivel de iluminación natural?

Mucho (10-9) – Algo (8-7) – Regular (6-5) – Poco (4-3) – Muy poco (2-1)

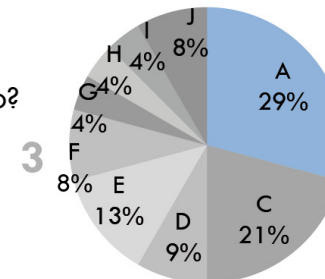


2-¿Cuántas estancias tiene su vivienda?



3-¿Qué porcentaje de ellas puede utilizar sin encender la luz en un día de invierno?

A (0-9%) – B (10-19%) – C (20-29%) – D (30-39%) – E (40-49%)  
F (50-59%) – G (60-69%) – H (70-79%) – I (80-89%) – J (90-100%)



La hipótesis sobre la falta de luz natural no fue confirmada por los residentes:

- un 34% encuentran que sus viviendas tienen niveles de iluminación natural muy altos
- sólo 8% opinan que los niveles son muy bajos.
- sin embargo, 50% de ellos pueden usar menos de un tercio de la casa sin luz artificial.

Conclusiones: el acceso solar parece ser bueno pero la distribución de la luz es deficiente.

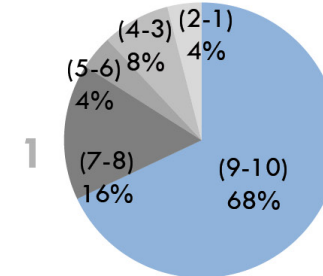
\* Algunos residentes adaptan sus rutinas diarias según la orientación de los espacios.



Ventilación y humedad

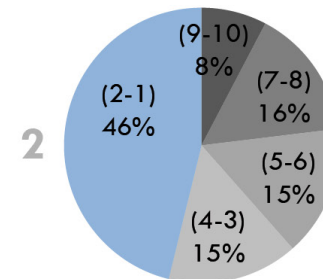
1-¿Opina que su vivienda ventila adecuadamente?

Muy bien (10-9) – Bien (8-7) – Regular (6-5) – Mal (4-3) – Muy mal (2-1)



2-¿Considera que su vivienda es húmeda?

Mucho (10-9) – Algo (8-7) – Regular (6-5) – No mucho (4-3) – Nada (2-1)



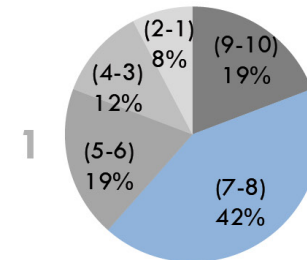
**Los residentes no respaldan la hipótesis sobre la insuficiencia de ventilación natural:**

- un 68% la encuentra muy buena
- un 46% opina que su vivienda no es húmeda.

Temperatura y calefacción

1-¿Opina que su vivienda está a buena temperatura?

Muy buena (10-9) - Buena (8-7) - Regular (6-5) - Mala (4-3) - Muy mala (2-1)



2-¿Cuál es su temperatura de confort? (°C)

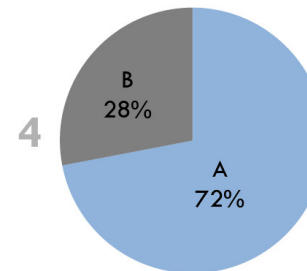


3-¿Durante cuántos meses al año utiliza la calefacción?



4-¿Qué sistema de calefacción tiene?

Radiadores o acumuladores eléctricos (A) - Gas oil (B)



**En cuanto a la temperatura y calefacción, también se encuentran satisfechos:**

- un 42% piensa que la vivienda está a buena temperatura.
- sólo un 20% considera que la temperatura es mala o muy mala.

Las temperaturas de confort preferidas son 20°C y 19°C.

La mayoría (un 72%) tiene sistemas de calefacción basados en radiadores eléctricos, y su uso medio es de cinco meses al año.



**Comportamiento energético  
de cuatro viviendas en Santiago**  
Patricia Liñares Méndez

- 1- ¿Consideráis que las viviendas históricas en Santiago son eficientes y confortables?**
- 2- En caso negativo, ¿es posible conseguir consumos energéticos bajos y condiciones de confort?**



**Comportamiento energético  
de cuatro viviendas en Santiago**  
Patricia Liñares Méndez

# 3 Cuatro casos de estudio

**A/ Contexto urbano y uso de la galería:**

Viviendas 1 y 2

**B/ Tipología, tamaño y ocupación:**

Viviendas 3 y 4

# Escuela de Arquitectura AA



Architectural Association  
School of Architecture

## AA SCHOOL

Welcome 2015-16  
Bedford Square  
Hooke Park  
Development & Engagement  
Library & Collections  
Contacts

## STUDY

Undergrad School  
Graduate School  
Visiting School  
Professional Practice  
Research Clusters

## APPLY

Prospectus 2015/16  
Undergrad Application  
Graduate Application  
Fees & Financial Aid  
Jobs

## PORTFOLIO

Projects Review  
Awards 2015  
Diploma Honours  
Alumni Portfolio  
Microsites

## PUBLIC

What's On  
Exhibitions  
AA Bookshop  
AA Publications  
Lecture Videos

## MEMBERS

Become a Member  
AA Governance  
Member Events  
Alumni  
Log In

Search

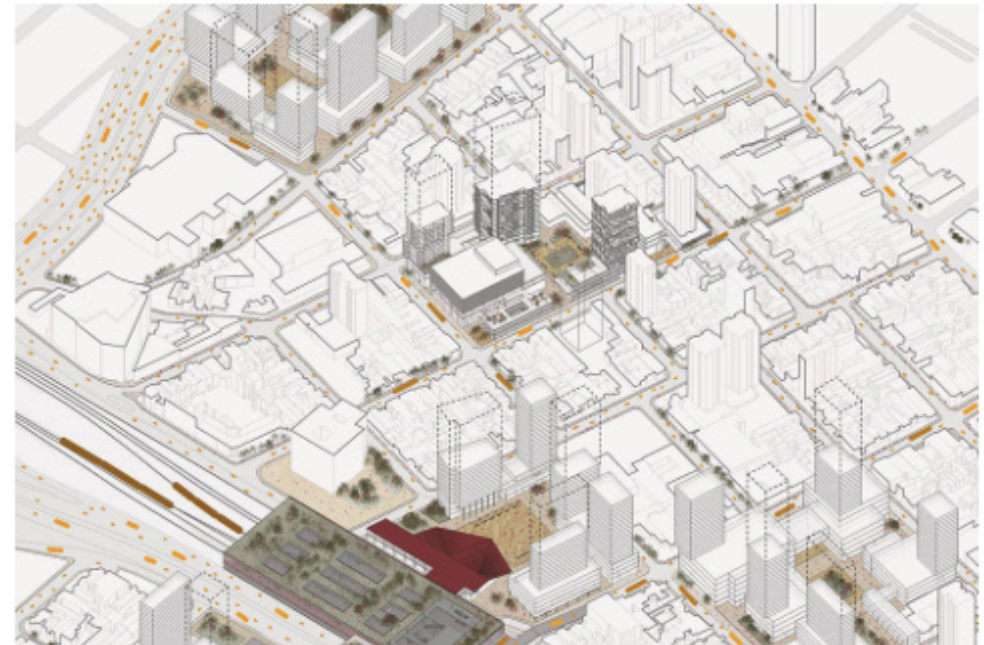
Links & Email

## LECTURES AT AA



Organised by the After Belonging Agency (Lluís Alexandre Casanovas Blanco, Ignacio González Galán, Carlos Mínguez Carrasco, Alejandra Navarrete Llopis, and Marina Otero Verzier) Oslo Architecture Triennale 2016: After Belonging Intervention Strategies - A Forum on Arctic Negotiations - AA Lecture Hall - 2/6/2016 - 18:30

## GRADUATE SCHOOL



HOUSING AND URBANISM MA/MARCH - <http://hu.aaschool.ac.uk/>

See all the graduate school programmes.

# Máster en Diseño Sostenible



MSc & MArch Sustainable Environmental Design



[Introduction](#)

[Team Projects](#)

[Dissertations](#)

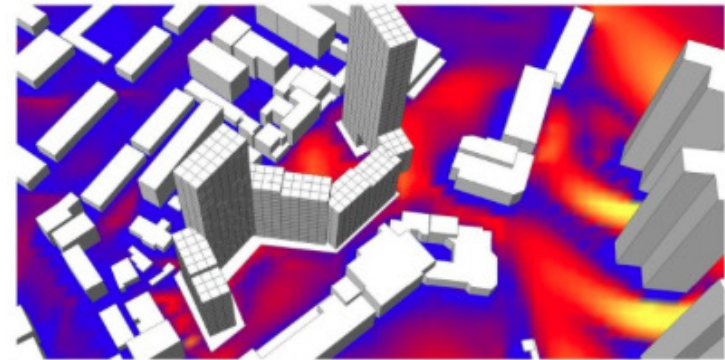
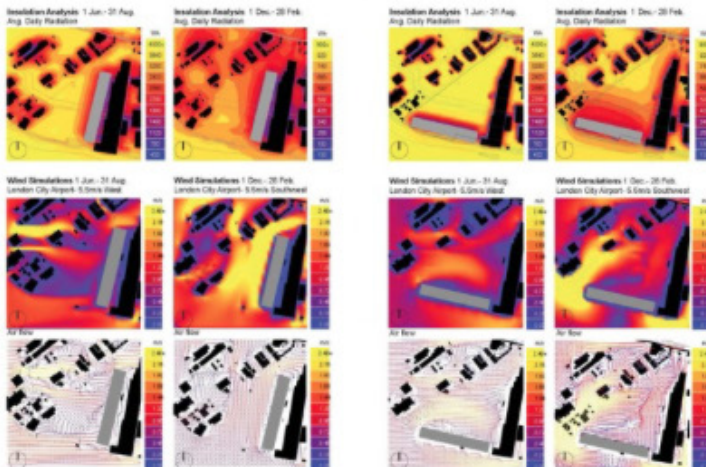
[News – Publications](#)

[Staff](#)

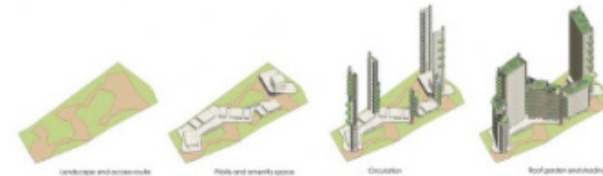
[Apply](#)



4



6



7





**Comportamiento energético  
de cuatro viviendas en Santiago**  
Patricia Liñares Méndez

# **A/ Contexto urbano y uso de la galería**

## Viviendas 1 y 2



# The GALERÍAS OF CALDEIRERIA AND TOURAL

TWO HISTORIC BUILDINGS IN SANTIAGO DE COMPOSTELA, SPAIN  
AN EXPLORATION OF ENVIRONMENTAL AND ARCHITECTURAL ASPECTS

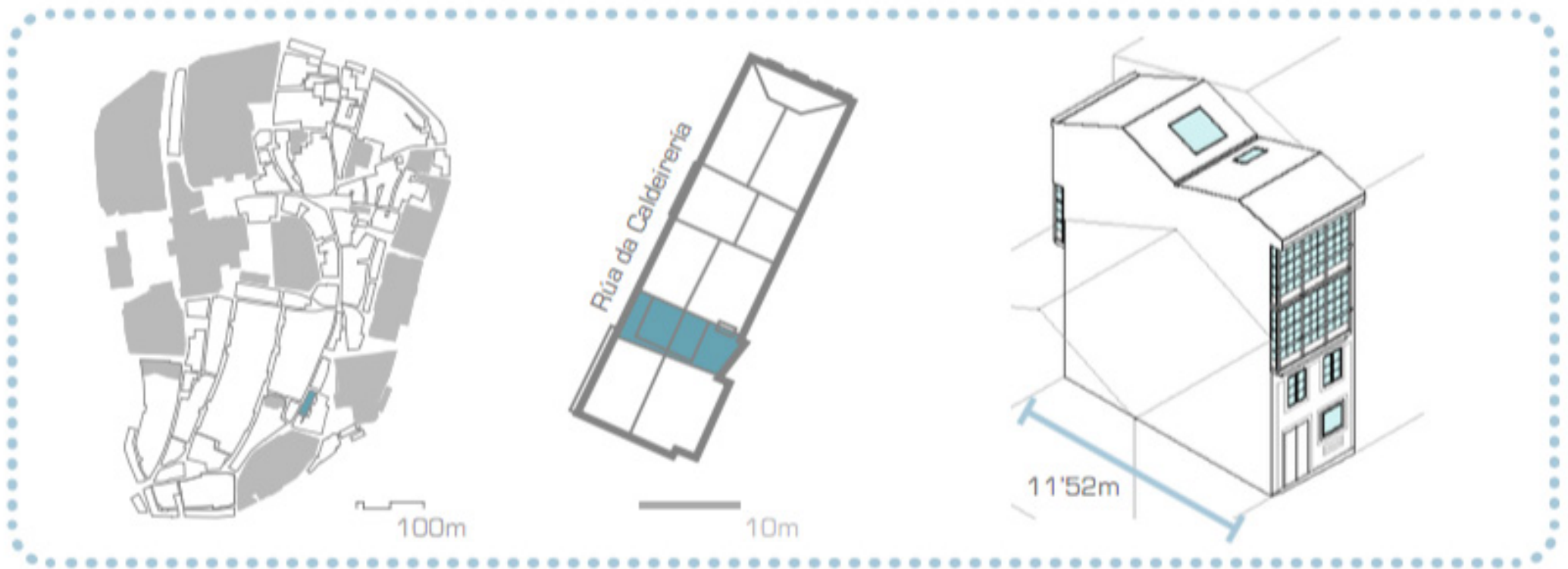
Architectural Association School of Architecture / Graduate School  
AA E+E Environment & Energy Studies Programme  
MSc / MArch Sustainable Environmental Design 2010-11  
Term 1 Building Study : What Buildings Can Tell Us / January 2011  
Mina Hasman . Keunjoon Lee . Jenna Mikus . Juliane Wolf





# Vivienda 1

## Urban context and building description



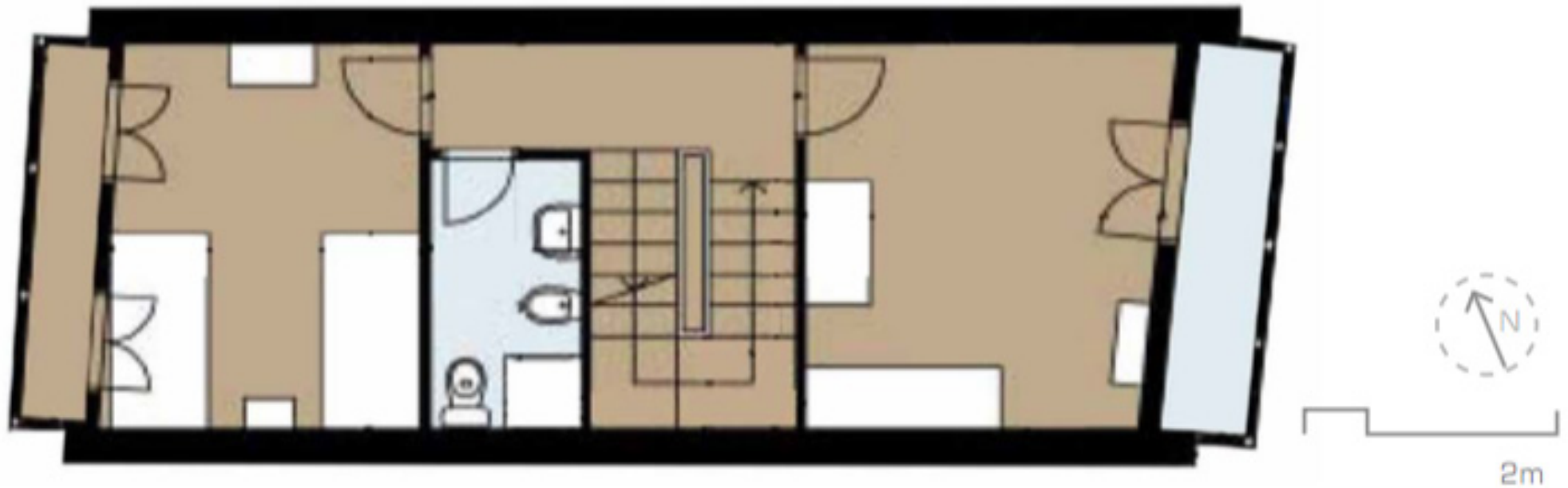
# Vivienda 1

## Building Data

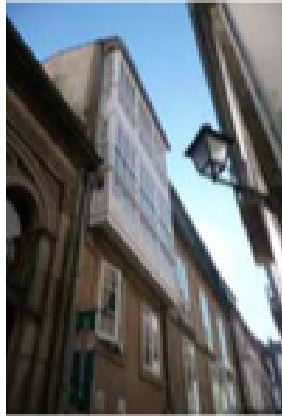
Floor studied Nº occupants	Floor Area (m <sup>2</sup> ) Galería area (m <sup>2</sup> )	Window-to-floor R (%)	Heat loss coefficient (W/m <sup>2</sup> K)
2 <sup>nd</sup> Floor 1	36'1 5'8	18'28	1'61

# Vivienda 1

Plan 2nd Floor

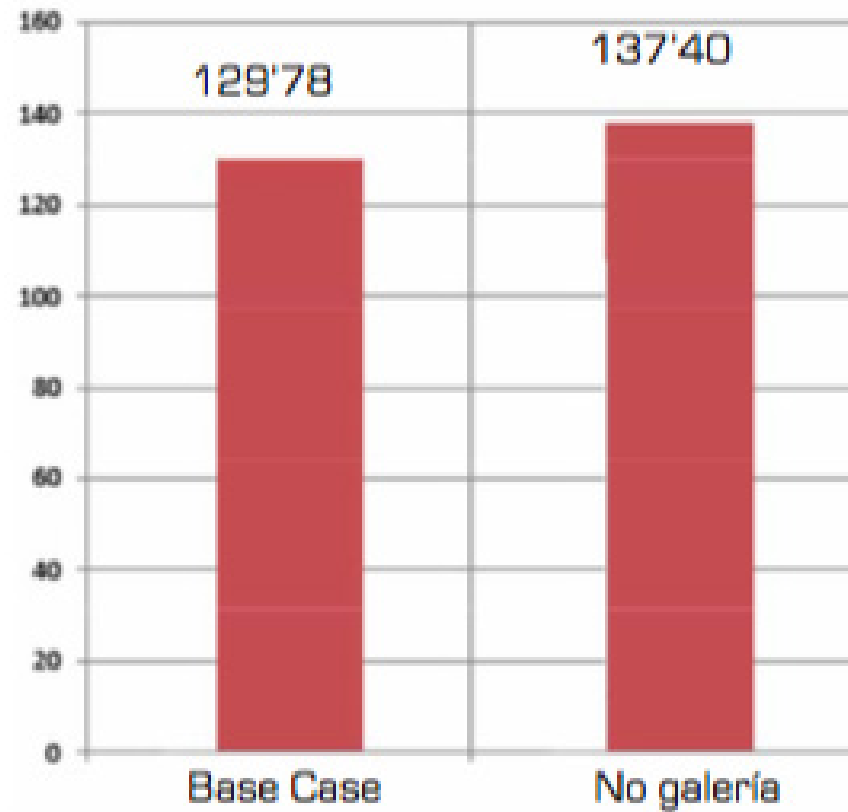


# Vivienda 1



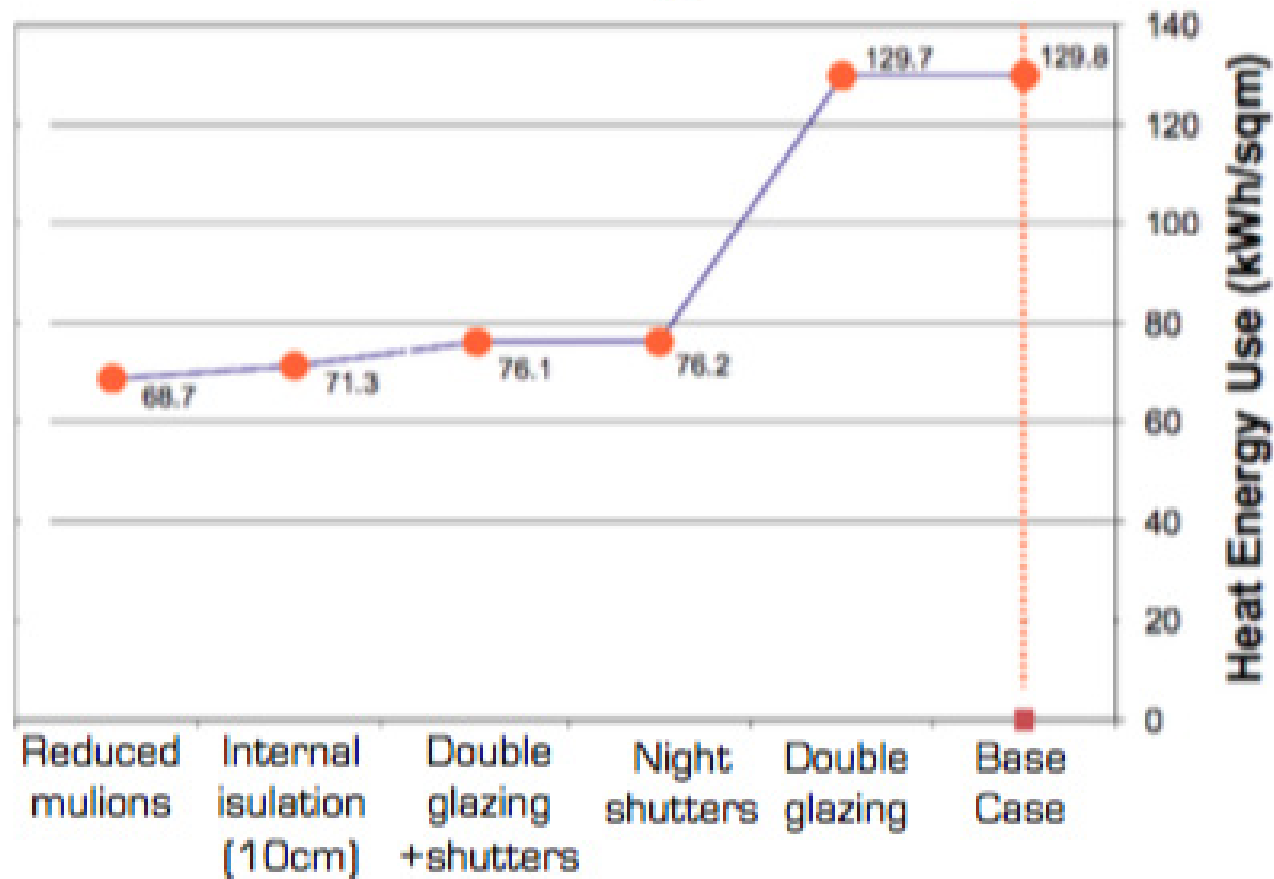
# Vivienda 1

Impact of *galerías* in Caldeirería



# Vivienda 1

Refurbishment Scenario of *galerías* in Caldeirería





**Comportamiento energético  
de cuatro viviendas en Santiago**  
Patricia Liñares Méndez

## Vivienda 2

## Vivienda 2

### Urban context and building description





## Vivienda 2

### Building Data

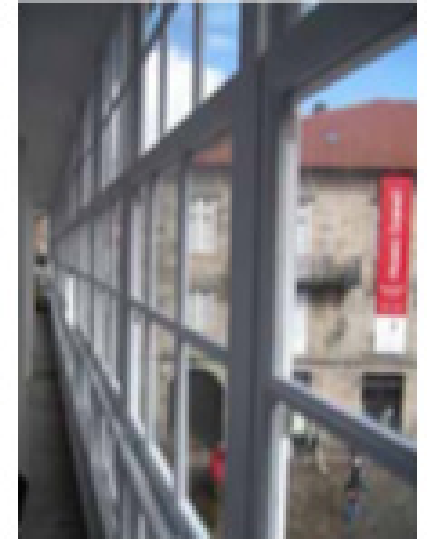
Floor studied Nº occupants	Floor Area (m <sup>2</sup> ) Galería area (m <sup>2</sup> )	Window-to-floor R (%)	Heat loss coefficient (W/m <sup>2</sup> K)
2 <sup>nd</sup> Floor 2	123'4 16'5	30'15	1'48

## Vivienda 2

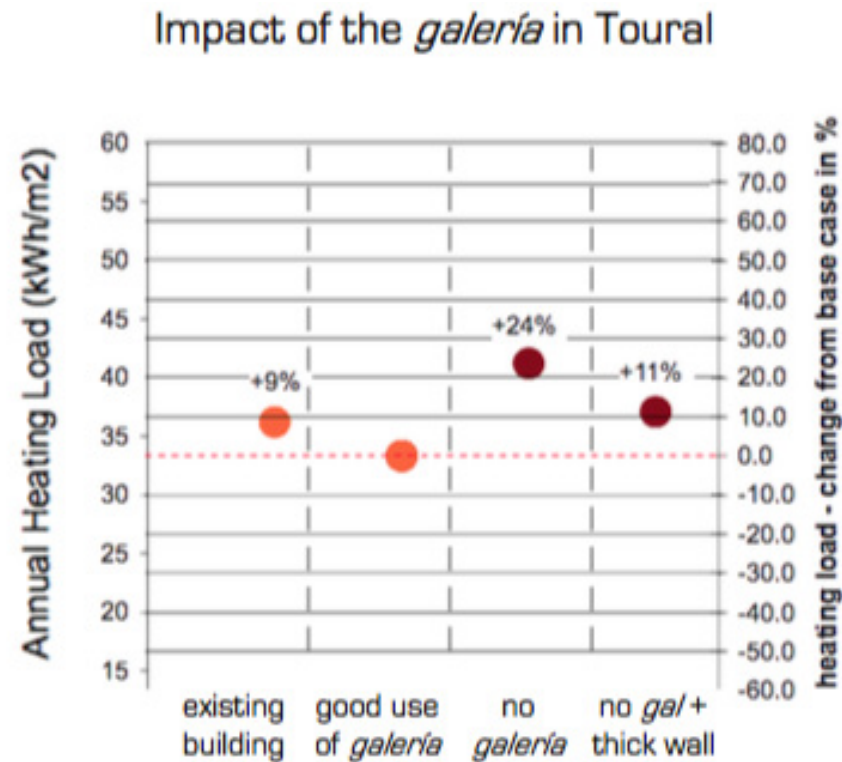
### Plan 2nd Floor



## Vivienda 2



## Vivienda 2



Uso de la galería: las puertas a las habitaciones deben abrirse únicamente cuando la temperatura en la galería es mayor que la de las habitaciones.

Uso correcto: - 9% de consumo

Uso incorrecto (puertas siempre abiertas): + 66% de consumo.

## Vivienda 2

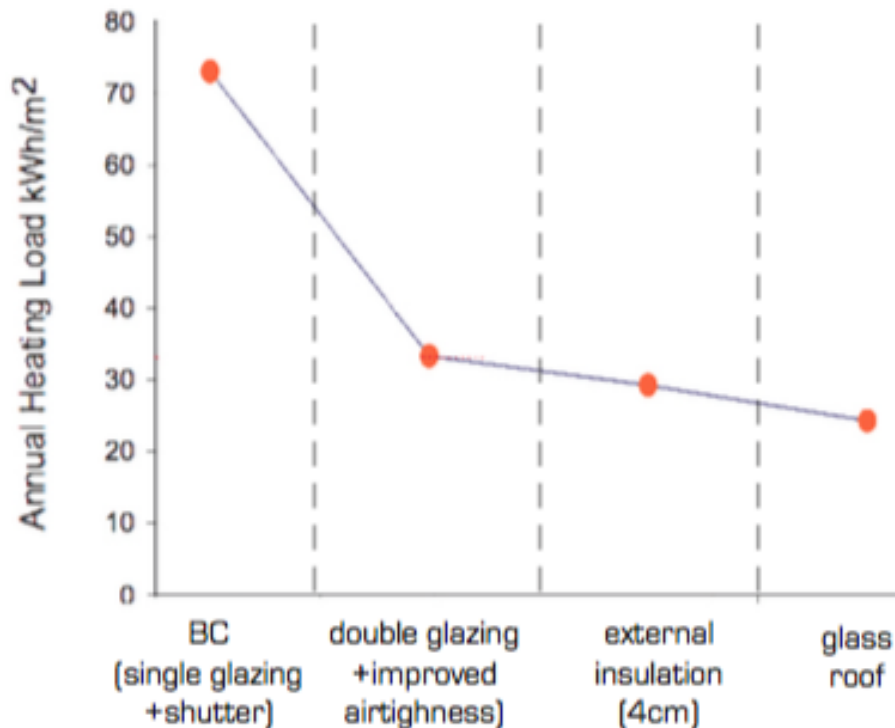
- La galería con vidrios simples es más eficaz que con vidrios dobles, ya que la pérdida de ganancia solar es más importante que la reducción de las pérdidas de calor.

- El aislamiento del suelo de la galería es positivo. Con un espesor de aislamiento de 2.5 cm es posible reducir el consumo en un 12%.

- El aislamiento del muro de fachada es relevante. Puede reducir el consumo entre un 7'3% (si el aislamiento es por el interior de la vivienda) y un 14'7% (si el aislamiento es por el exterior de la vivienda). La galería aporta calor por convección, mediante el calentamiento del aire, y por conducción, a través del muro de fachada. Si se aísla por el exterior de la vivienda, la temperatura del aire aumenta y se consigue más aire caliente para el salón. Como conclusión, la convección es más eficaz que la conducción en las galerías.

- Las galerías poco profundas son más eficaces que las galerías anchas. En las anchas, la reducción de luz es mayor y la superficie de pérdidas caloríficas también.

Refurbishment Scenario of the *galería* in Toural



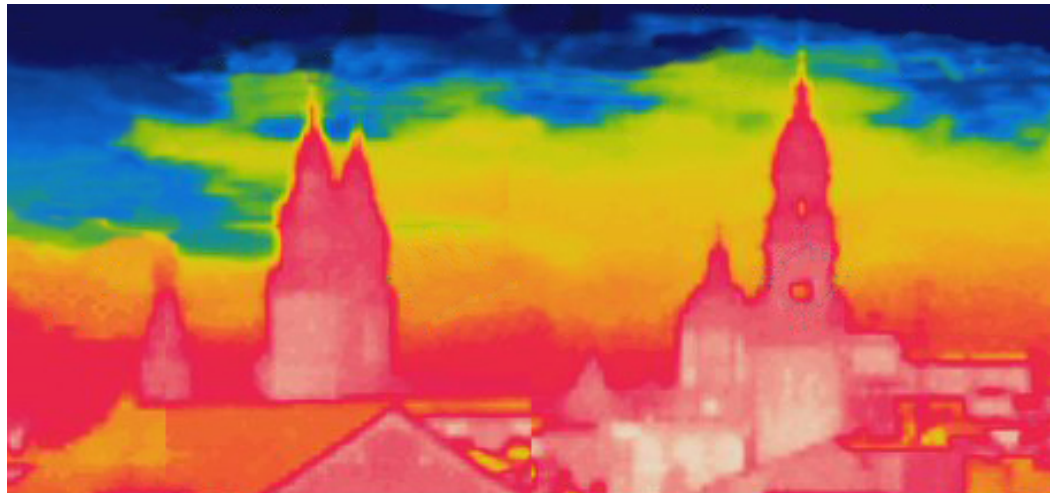


**Comportamiento energético  
de cuatro viviendas en Santiago**  
Patricia Liñares Méndez

# **B/ Tipología, tamaño y ocupación:** Viviendas 3 y 4

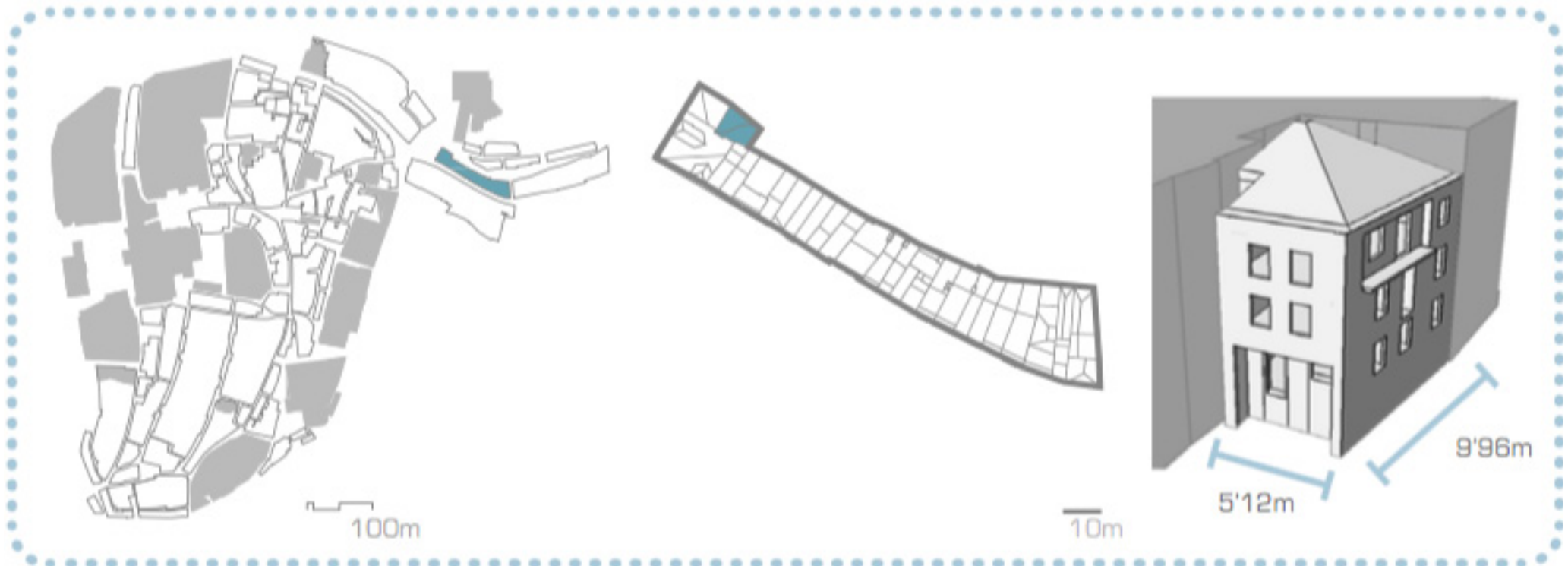
# Case Studies Rúa Nova and Rúa do Medio in Santiago de Compostela

Alda Coelho, Patricia Liñares, Therezia Sloet tot Everlo, João Vieira



# Vivienda 3

## Urban context and building description





## Vivienda 3

### Building Data

Floor studied Nº occupants	Floor Area (m <sup>2</sup> ) Galería area (m <sup>2</sup> )	Window-to-floor R (%)	Heat loss coefficient (W/m <sup>2</sup> K)
1 <sup>st</sup> Floor 1	65 -	18	1,17

# Vivienda 3



## Vivienda 3

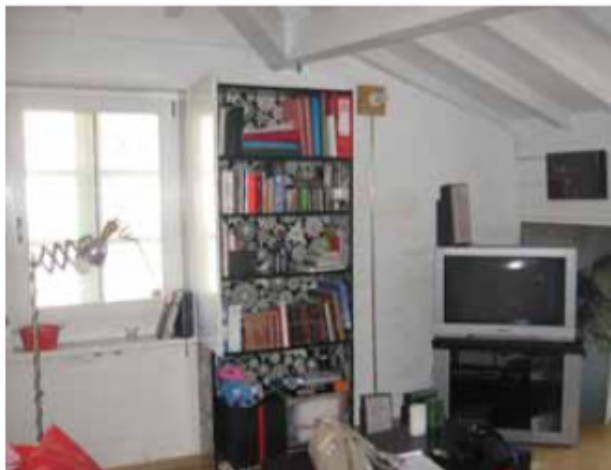
V1 (building facades)



V2 (staircase)



V3 (living area)



V4 (bedroom area)



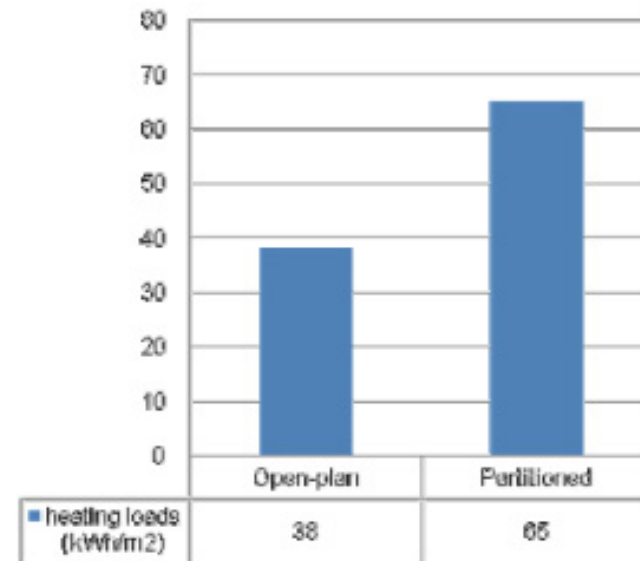
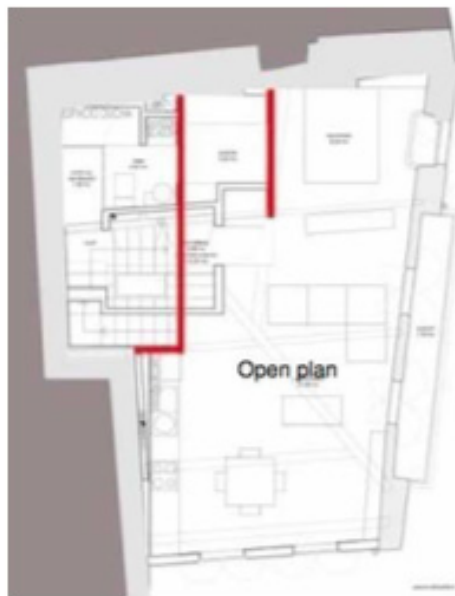
## Vivienda 3



	T (°C)	RH (%)	I (lux)
1	21'2	63'5	911
2	20'6	66'4	406
3	21'3	73'3	17

# Vivienda 3

Impact of dwelling layout in Case Rúa do Medio 65



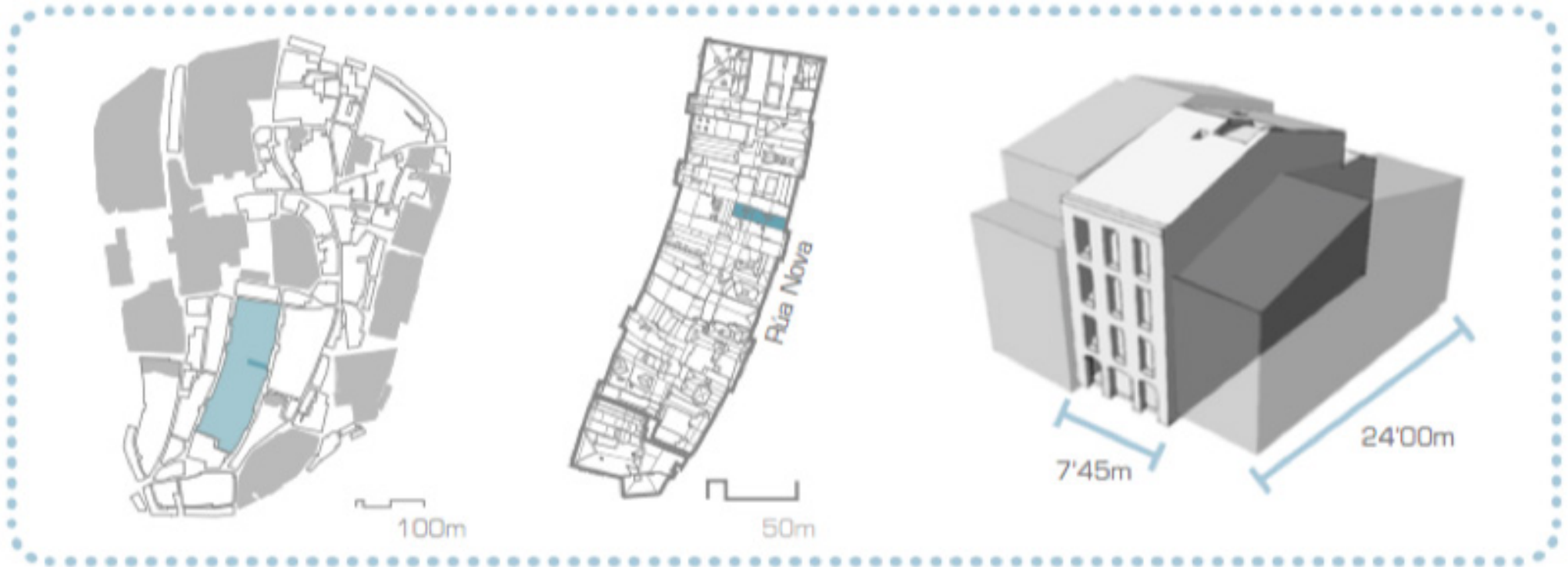


**Comportamiento energético  
de cuatro viviendas en Santiago**  
Patricia Liñares Méndez

## Vivienda 4

# Vivienda 4

## Urban context and building description



# Vivienda 4

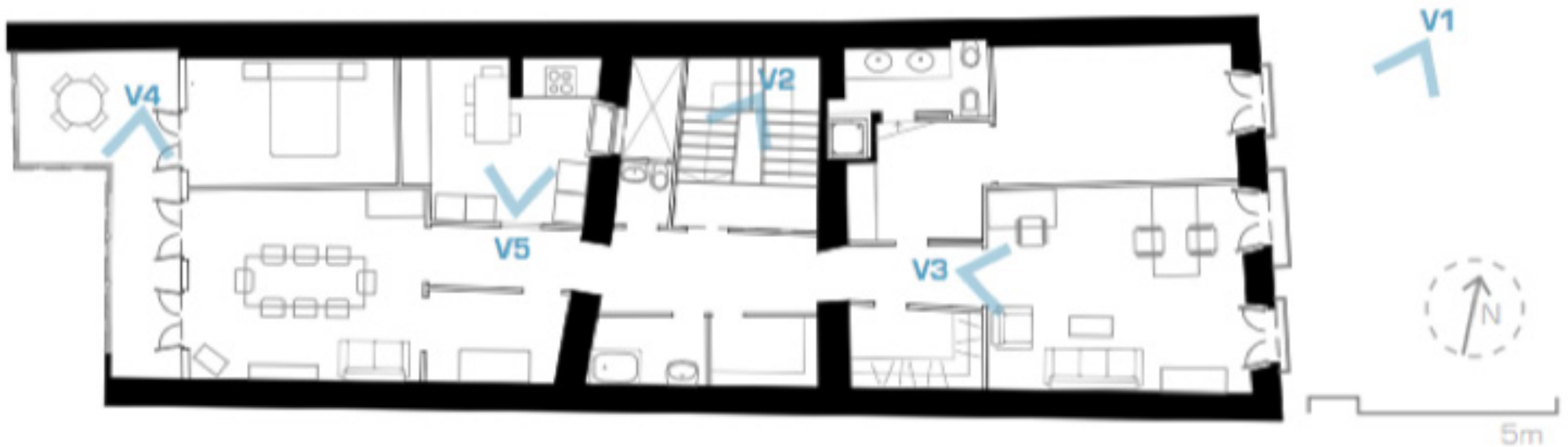
## Building Data

Floor studied Nº occupants	Floor Area (m <sup>2</sup> ) Galería area (m <sup>2</sup> )	Window-to-floor R (%)	Heat loss coefficient (W/m <sup>2</sup> K)
2 <sup>nd</sup> Floor 2	147'5 13'4	13.95 %	2'04



# Vivienda 4

Plan 2nd Floor



## Vivienda 4

V1 [street facade]



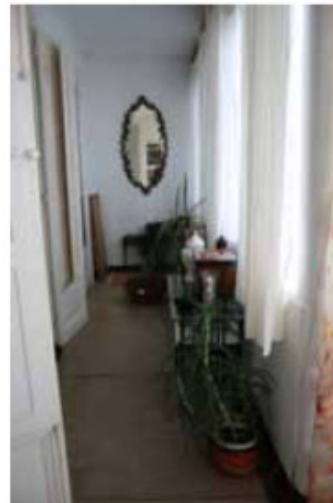
V2 [patio]



V3 [living-room]



V4 [galería]

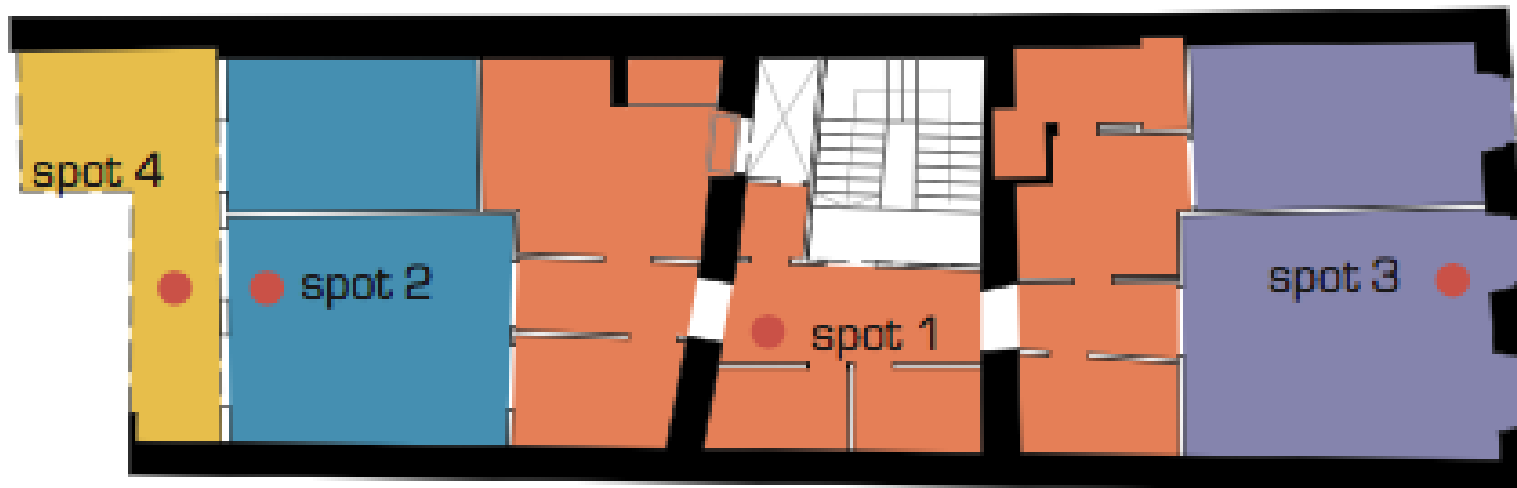


V5 [kitchen]



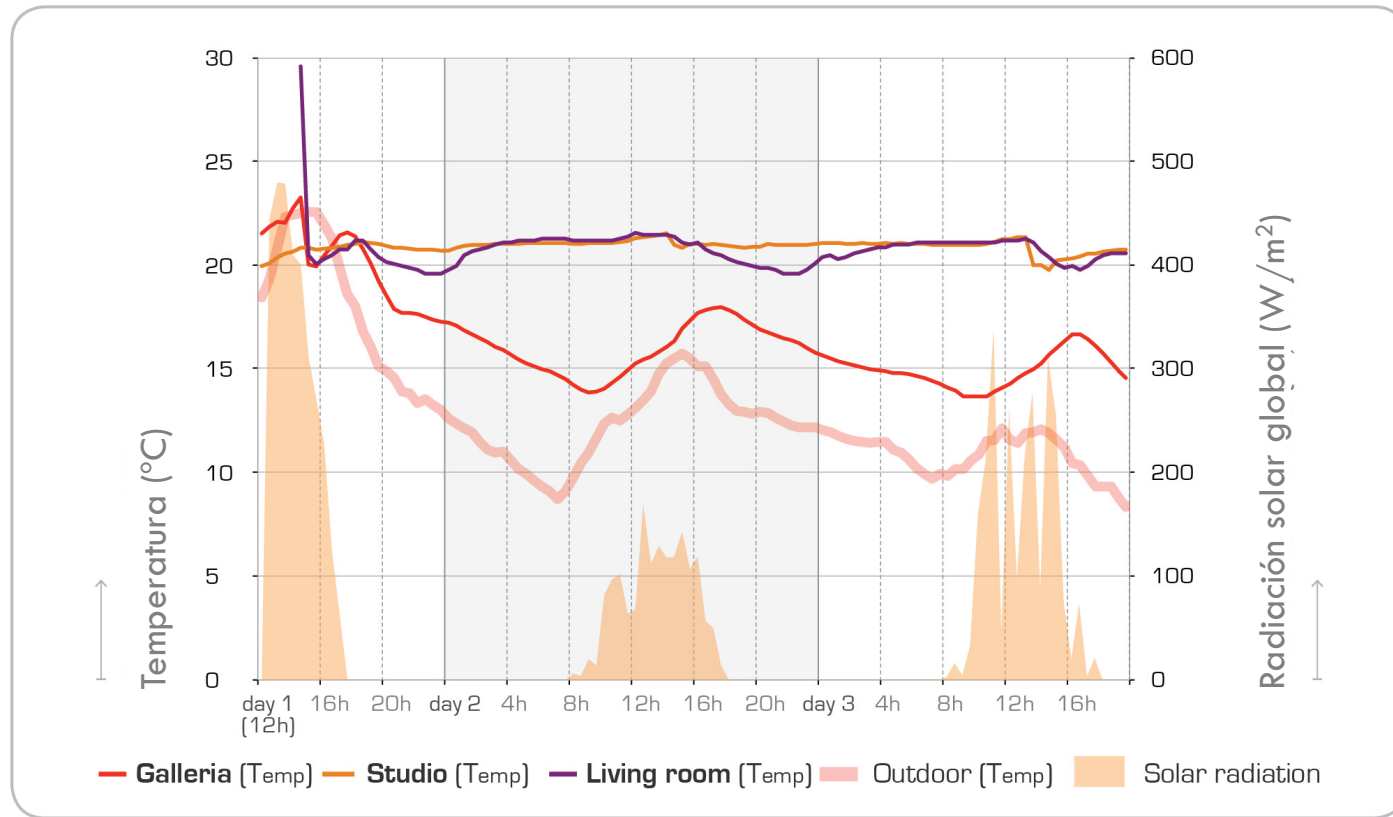
## Vivienda 4

	T (°C)	RH (%)	I (lux)
1	24'7	67'6	0
2	23'5	59'9	213
3	23'2	63'2	828
4	23'0	65'2	987



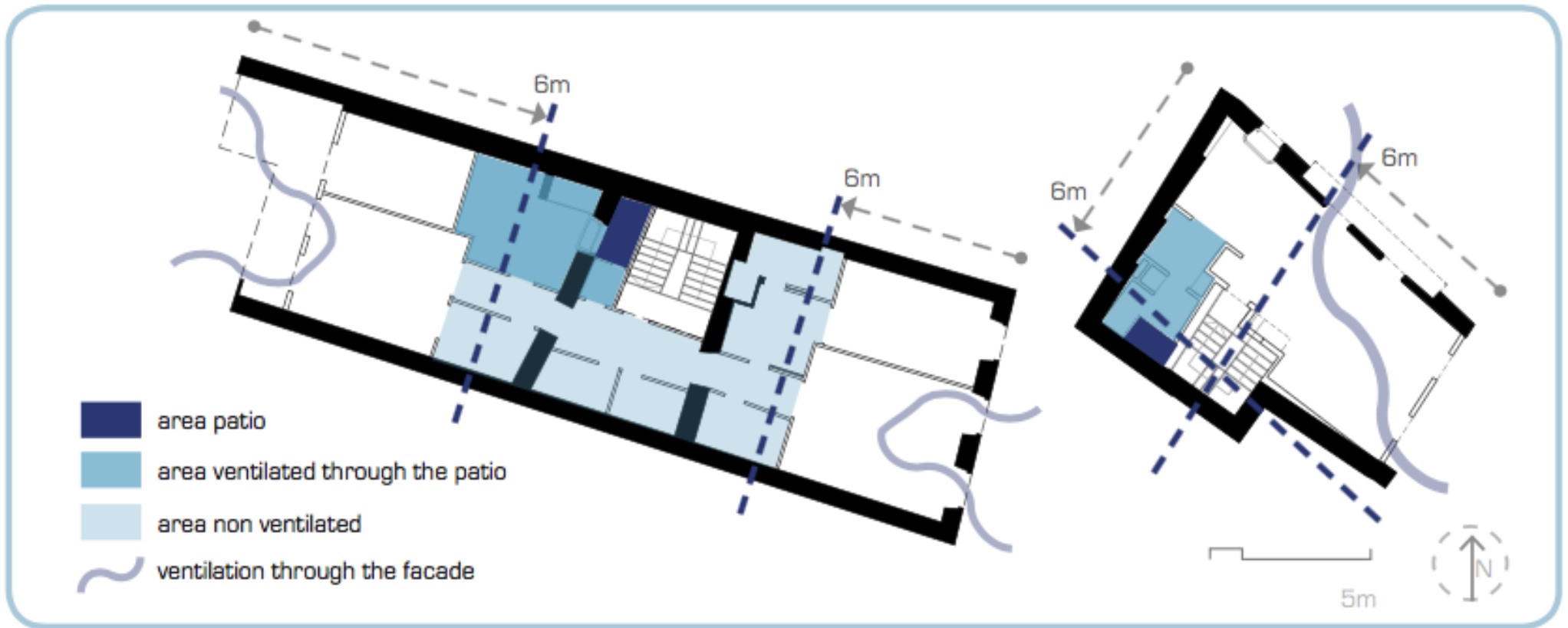
[ Monitorización ]

Temperatura en Rúa Nova 22, piso 2º



# Vivienda 4

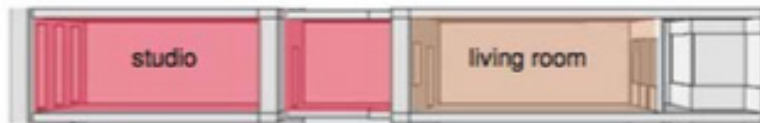
Opportunities for natural ventilation



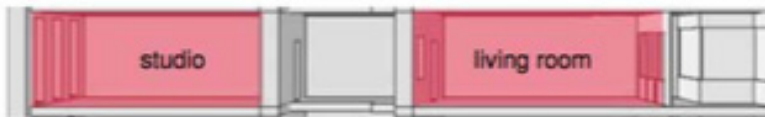
# Vivienda 4

## Impact of heating strategy in Case Rúa Nova 22

RUA NOVA – Heating Strategies



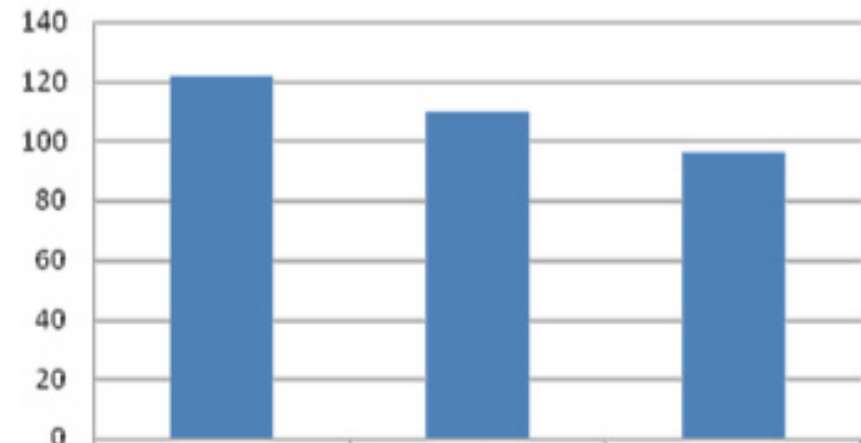
RUA NOVA – basecase heating



RUA NOVA – heating extremes

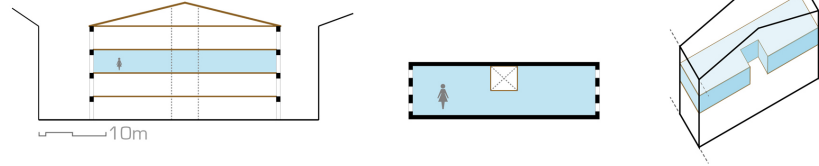


RUA NOVA – heating core

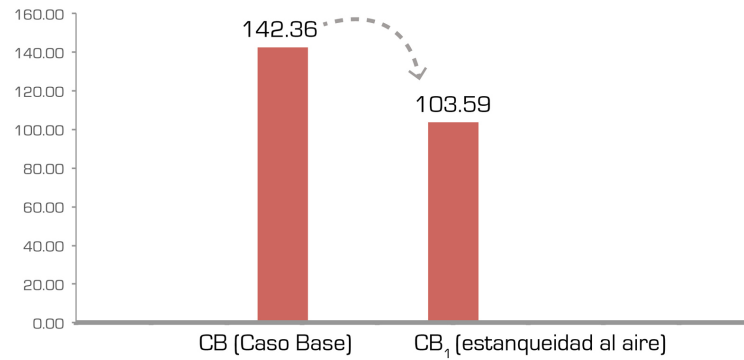


heating loads (kWh/m <sup>2</sup> )	Basecase Heating	Heating Extremes	Heating Core
	122	110	98

[ Caso Base ]

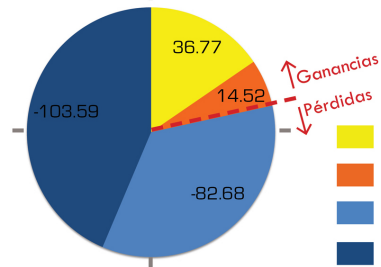


Consumo de calefacción (kWh/m<sup>2</sup>año) -

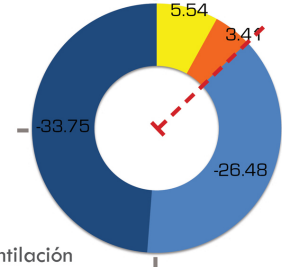


Desglose energético

Anual (kWh/m<sup>2</sup>año)

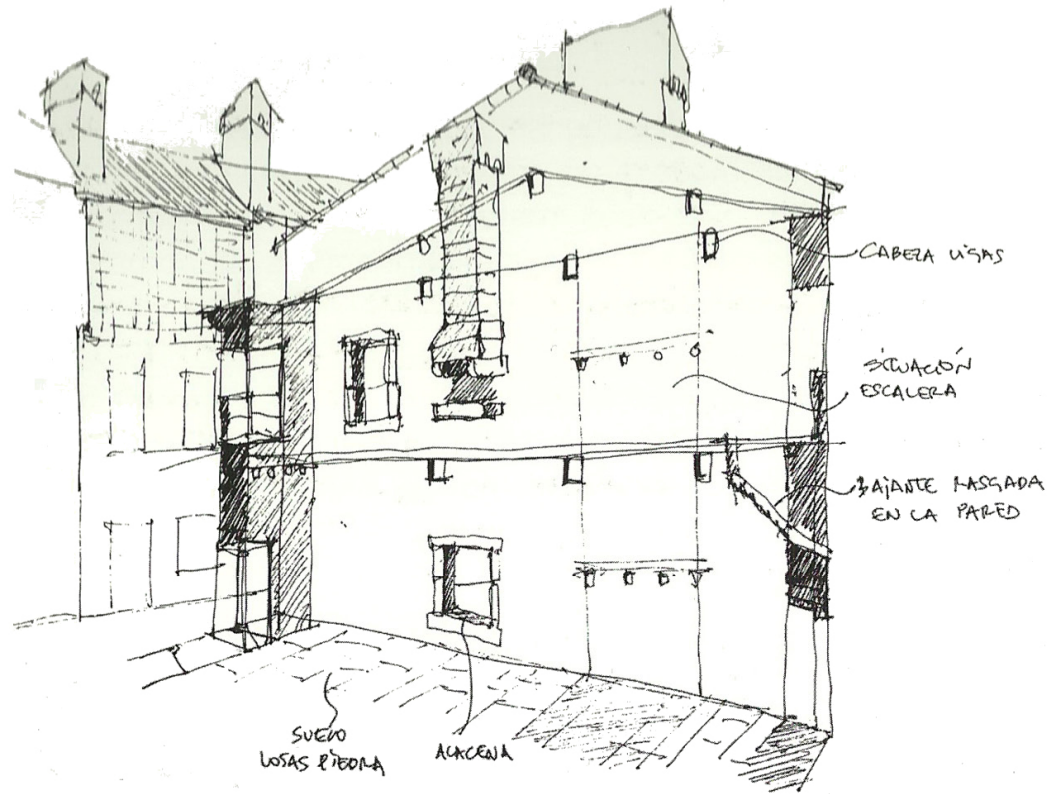


Invierno (kWh/m<sup>2</sup>estación)

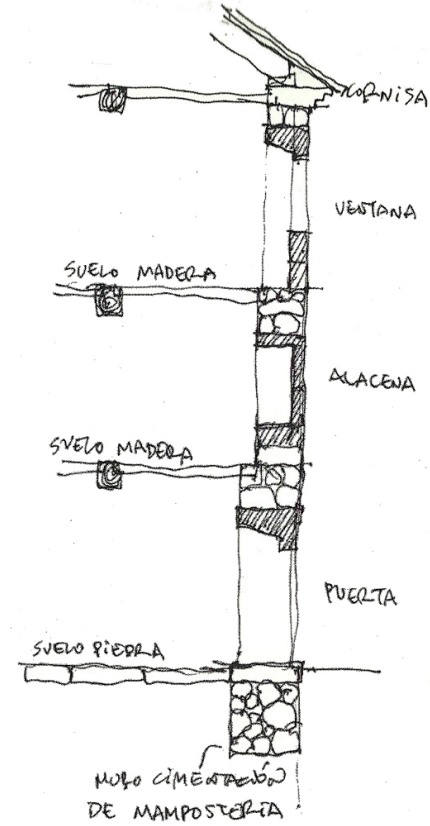


# ( Los muros de piedra )

Los muros medianeros



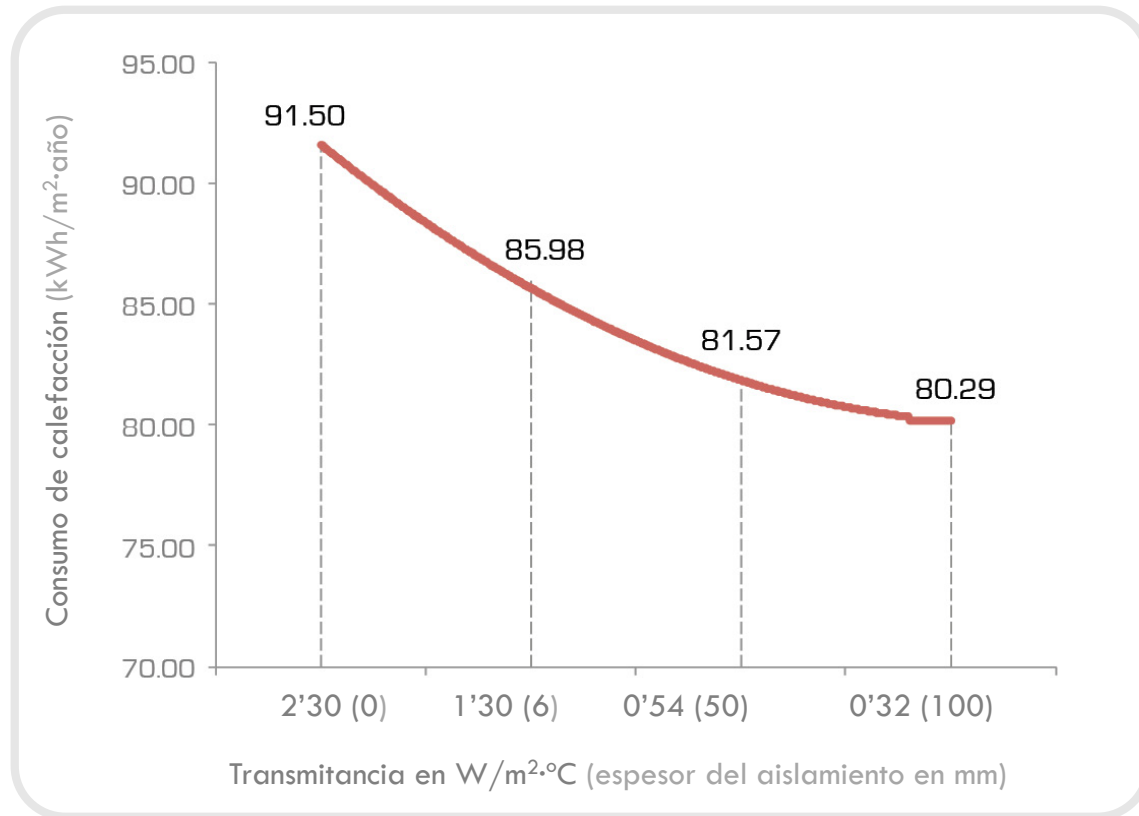
Los muros de fachada





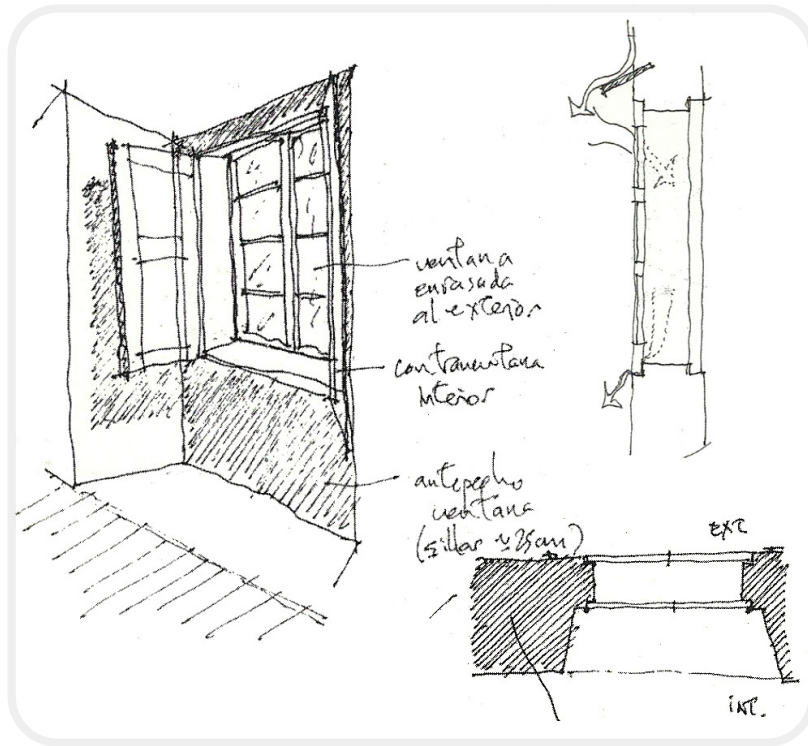
### ( Los muros de piedra )

Impacto del aislamiento del muro en el consumo de calefacción

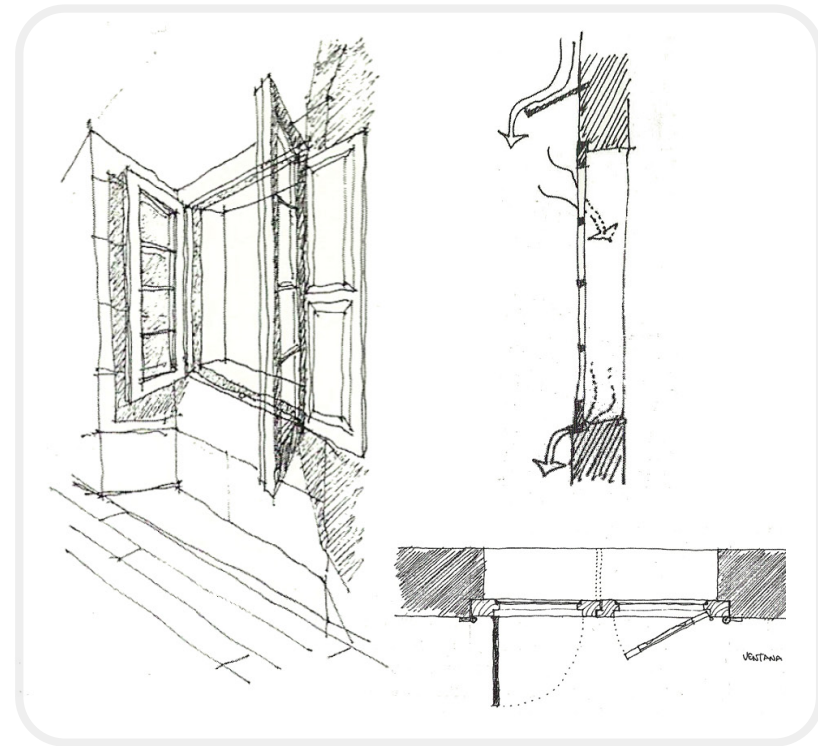


[ Las ventanas ]

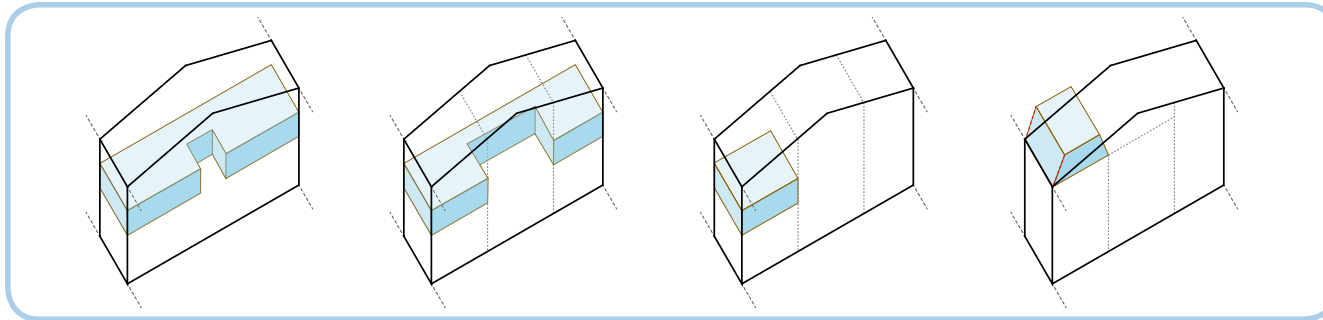
Carpintería enrasada al exterior (sistema tradicional)



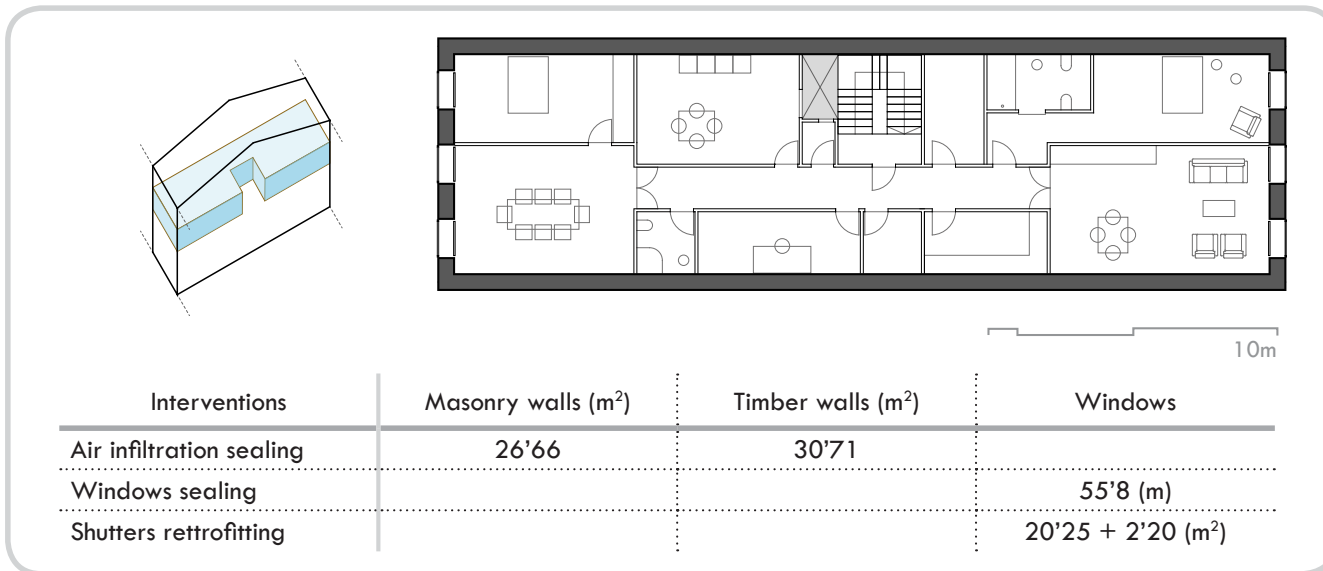
Carpintería interior



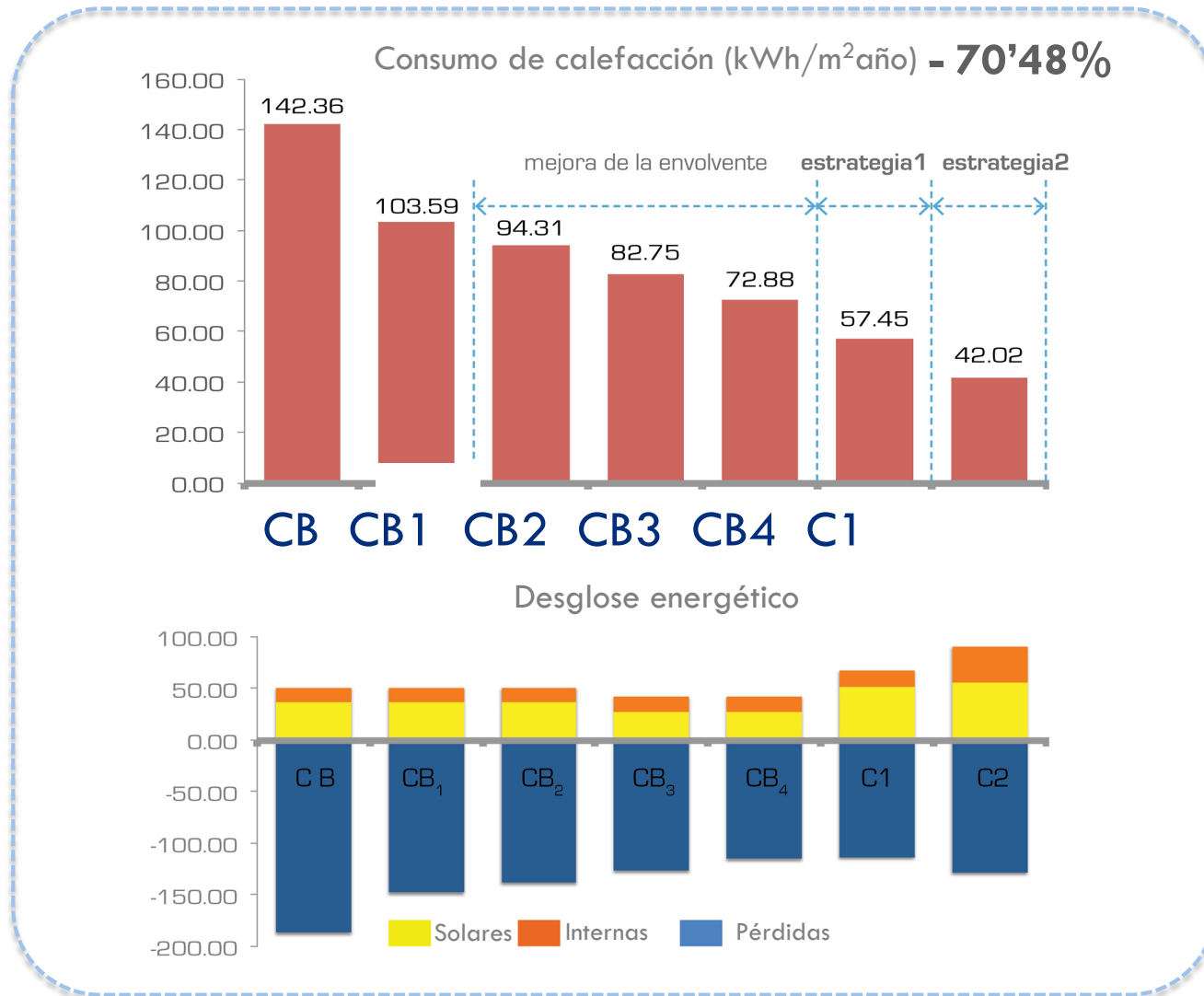
[ Coste y amortización de las estrategias ]



Rehabilitación de bajo coste [ 3426'32 € (17'90 €/m<sup>2</sup>), amortización = 3'46 años ]



[ Resumen estudio de eficiencia energética ]



CB: caso base  
CB1: estanqueidad aire  
CB2: uso contraventanas

CB3: sustitución ventanas  
CB4: aislamiento fachadas  
C1: aumento patio

## CONCLUSIONES GENERALES

Las viviendas históricas en Santiago de Compostela **pueden alcanzar estándares contemporáneos de confort** y eficiencia energética, sin ver comprometidos su estética y legado patrimonial.

Incluso en los casos más desfavorables, la aplicación de **medidas imperceptibles** pueden ser muy eficaces en la reducción del consumo energético.

A pesar de la nubosidad del clima, el **incremento de ganancias solares** puede contribuir sustancialmente al balance energético de la vivienda.

Es posible la adaptación de estos edificios a una diversidad mayor de **tipos de vivienda** sin alterar su estructura.

Como resultado, las viviendas históricas pueden ser **accesibles** a un rango mayor de población, lo que a su vez puede ayudar a preservar y potenciar la **calidad urbana** en la ciudad histórica.